

Perjanjian No: III/LPPM/2013-03/05-P

JUDUL PENELITIAN
STUDI KINETIKA DEHIDRASI OSMOTIK PADA IKAN TERI
DALAM LARUTAN BINER DAN TERNER



Disusun Oleh:

- 1. Dr. Ir. Judy Retti B. Witono M.App.Sc**
- 2. Y.I.P. Arry Miryanti, Ir., M.Si**
- 3. Lia Yuniarti, ST**

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Katolik Parahyangan
2013

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
ABSTRAK.....	iii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 4
2.1 Pengawetan Bahan Pangan.....	4
2.2 Pengawetan Ikan.....	6
2.3 Dehidrasi Osmotik.....	8
2.4 Mekanisme Dehidrasi Osmosis	10
2.5 Kelebihan Dehidrasi Osmosis.....	11
2.6. Model Kinetika Perpindahan Massa pada Ikan.....	11
 BAB III METODE PENELITIAN.....	 14
3.1 Kerangka Penelitian.....	14
3.2 Analisis.....	15
 BAB IV JADWAL PELAKSANAAN.....	 17
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	 18
5.1 Pengaruh Konsentrasi Larutan NaCl selama Dehidrasi Osmotik.....	19
5.2 Pengaruh Temperatur Proses selama Dehidrasi Osmotik.....	22
5.3 Pengaruh Jenis Larutan Osmosis selama Dehidrasi Osmotik.....	23
5.4 Koefisien Difusivitas (D_{AB}).....	25
5.5 Uji Kualitas Produk.....	27
5.5.1 Tekstur.....	27
5.5.2 Uji Rasa dan Kesukaan.....	28
5.6 Kesesuaian dengan SNI.....	30
5.6.1 Kadar Air.....	30
5.6.2 Kadar Garam.....	30
5.6.3 Kadar Abu Tak Larut dalam Asam.....	32
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	 33
6.1 Kesimpulan.....	33
6.2 Saran	33
 DAFTAR PUSTAKA.....	 34
LAMPIRAN A : PROSEDUR ANALISIS.....	36
LAMPIRAN B : CONTOH PERHITUNGAN.....	37
LAMPIRAN C : SCRIPT MATLAB.....	38

ABSTRAK

Pengolahan ikan asin di Indonesia sebagian besar masih dilakukan secara tradisional dengan mengandalkan sinar matahari. Meskipun metode ini murah, namun dapat menurunkan kualitas produk karena laju dehidrasinya tidak dapat bersaing dengan laju pembusukan ikan. Sedangkan penggunaan garam sampai batas tertentu dapat meningkatkan kecepatan pengurangan air namun dapat menimbulkan masalah dengan tekstur dan rasa ikan asin. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari kinetika dehidrasi osmotik ikan teri dalam proses pengawetannya sehingga dapat mengendalikan kecepatan pengurangan air dan penambahan solute (NaCl & $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$).

Metodologi penelitian ini meliputi analisis awal ikan teri segar (kadar air, kadar garam, dan tekstur), proses dehidrasi osmosis dan dilanjutkan dengan pengeringan. Proses dehidrasi osmosis dilakukan dengan variasi jenis larutan osmosis (larutan NaCl – larutan Biner dan NaCl + sukrosa – larutan Turner), variasi konsentrasi larutan Biner (15%, 24,24%-jenuh, dan 50%). Penggunaan larutan Turner hanya diterapkan pada konsentrasi NaCl 24,24% dengan penambahan sukrosa 30%. Seluruh percobaan dilakukan pada temperatur ruang dan 40°C . Sebagai perbandingan, juga dilakukan penggaraman kering 10% dan 35 %-berat. Analisis produk ikan asin meliputi kadar air, kadar garam, kadar abu tak larut dalam asam, tekstur (kekerasan dan kekenyalan) sesudah pengeringan, serta uji rasa dan kesukaan pada ikan yang digoreng.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hilangnya air karena difusi garam ke substrat ikan mengalami peningkatan secara paralel dengan peningkatan konsentrasi larutan osmosis dan temperatur. Namun pada konsentrasi NaCl yang sangat tinggi (50%), temperatur tidak berpengaruh secara signifikan. Selain itu, penggunaan larutan Turner akan meningkatkan hilangnya air dan juga mengurangi penetrasi garam. Koefisien difusivitas air berada dalam rentang $1,001 \times 10^{-5}$ sampai $4,736 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$, sedangkan koefisien difusivitas NaCl berada dalam rentang $1,25 \times 10^{-4}$ sampai $2,929 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$. Kekerasan ikan meningkat dan kekenyalan ikan berkurang setelah mengalami proses dehidrasi osmosis yang diteruskan dengan pengeringan.

Kata kunci : dehidrasi osmosis, ikan teri, larutan Biner, larutan Turner

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ikan merupakan sumber protein hewani yang potensial dan sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Biasanya kadar protein ikan 15-20% tergantung jenis ikannya. Meskipun demikian, ikan merupakan produk yang cepat busuk karena kadar airnya yang tinggi (70-80%) sehingga memicu proses pembusukan oleh bakteri (Murray, 2001).

Ikan yang telah dikeringkan memiliki kelebihan, yaitu kadar protein per 100 g bahannya menjadi lebih tinggi (Nguyen, 2012). Ikan asin digemari bukan hanya di Indonesia saja, melainkan juga di mancanegara. Permintaan ikan asin di Jepang dan Amerika sebenarnya masih tinggi, tapi karena kualitas ikan asin kita yang masih rendah maka ekspor Indonesia untuk ikan asin justru menurun. Hal ini dapat dilihat dari Tabel 1.1 dibawah ini.

Tabel 1.1. Perkembangan Ekspor Ikan Asin Indonesia tahun 2009 – 2010

Tahun	Volume Produksi (ton)	Nilai (10 ⁶ US \$)
2009	25.000	76,0
2010	22.000	57,5

Sumber: Kementerian Kelautan & Perikanan, 2011 (Tragistina, 2011)

Pembuatan ikan asin di Indonesia umumnya dilakukan secara tradisional tanpa kontrol yang memadai. Pemberian garam seringkali berlebihan sehingga rasa ikan terlalu asin, disamping itu kemungkinan terjadi *case hardening* juga besar dan ada pula bagian yang masih basah sehingga tinggi *exposurenya* terhadap pertumbuhan mikroba (Yu,1994). Pengeringan dilakukan menggunakan sinar matahari tanpa kontrol sehingga kadar nutrisi dalam ikan menjadi menurun. Saat intensitas sinar matahari tidak konstan, ada pengolah ikan yang menambahkan bahan kimia berbahaya seperti pestisida dan formalin. Faktor kebersihan dalam pengolahan tradisional juga sulit dikontrol karena ada kemungkinan serangan belatung/lalat selama penjemuran, terutama bila dijemur dalam waktu lama.

Dehidrasi osmosis adalah teknik ekstraksi air dari materi melalui perendaman dalam larutan osmotik. Kemudian terjadi arus berlawanan simultan yaitu aliran air dari bahan ke dalam

larutan dan secara bersamaan zat terlarut dipindahkan dari larutan ke dalam bahan makanan (Rahman, 2007). Pembuatan ikan asin melalui perendaman dalam larutan garam pekat merupakan proses dehidrasi osmosis. Kelebihan pembuatan ikan asin menggunakan dehidrasi osmosis antara lain kadar nutrisi ikan dapat dipertahankan, tidak membutuhkan energi besar untuk mengeringkan ikan, dan prosesnya sederhana. Saat ini proses dehidrasi osmosis telah banyak diaplikasikan terutama untuk produk buah dan sayur, sedangkan untuk produk ikan masih jarang sehingga perlu diteliti.

Larutan osmosis yang banyak digunakan dalam pengawetan makanan adalah garam (NaCl) atau sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) sebagai larutan Biner. Beberapa keuntungan menggunakan larutan Terner (NaCl + sukrosa + air) antara lain tingkat dehidrasi yang lebih tinggi dan tidak berlebihan penggaraman produknya serta memungkinkan untuk meningkatkan konsentrasi total zat terlarut tanpa melebihi batas jenuhnya (Bohuon et al, 1998). Namun masih diperlukan pemahaman yang lebih baik tentang mekanisme yang terlibat dalam tiga aliran simultan (aliran air, garam, dan gula penetrasi).

Parameter-parameter yang mempengaruhi dehidrasi osmosis, seperti jenis larutan osmosis, konsentrasi agen osmosis (Barat, 2001, Nguyen, 2012), temperatur proses, waktu proses (Torezan, 2004), geometri makanan (Czerner, 2010) dan karakteristik (komposisi) dari makanan yang telah diamati pada produk-produk makanan. Model perpindahan massa selama dehidrasi osmosis telah dikembangkan berdasarkan teori maupun pendekatan empiris. Meskipun persamaan empiris lebih disukai karena sederhana dalam aplikasinya, namun beberapa penelitian menunjukkan bahwa persamaan empiris hanya cocok untuk kondisi tertentu (Berhimpon, 1990 , Corzo, 2005b, Bellagha 2007, Czerner, 2010).

Pendekatan dalam penelitian ini untuk memperoleh model matematika berdasarkan hukum kedua Fick tentang difusi, seperti yang telah diteliti oleh orang lain sebelumnya (Azuara, 1992, Singh, 2008, Mundada, 2011). Untuk perhitungan perpindahan massa dengan difusi persamaannya kompleks sehingga dalam literatur dibuat asumsi penyederhanaan misalnya menganggap geometri makanan tertentu sebagai konfigurasi pelat datar tak terbatas dan mengabaikan difusi perifer.

1.2. Tujuan Penelitian

Mempelajari kinetika dehidrasi osmosis ikan teri dengan variasi jenis, temperatur, dan konsentrasi larutan osmosis yang berbeda terhadap kualitas ikan asin yang dihasilkan (kadar air, kadar garam, kadar abu tak larut dalam asam, tekstur, dan rasa).

1.3. Manfaat Penelitian

- a) Menghasilkan koefisien difusi dari larutan osmotik (garam dan gula) kedalam ikan teri sehingga dapat dibuat model dehidrasi pada ikan tersebut.
- b) Menghasilkan teknologi tepat guna dari sistim pengawetan ikan dengan cara pengasinan sehingga dapat dilakukan langsung oleh nelayan. Dengan demikian taraf hidup mereka dapat lebih baik karena nilai ekonomi produk mereka meningkat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengawetan Bahan Pangan

Pengawetan bahan pangan adalah tindakan mempertahankan karakteristik bahan tersebut seperti keadaan awalnya dalam waktu simpan sepanjang mungkin. Faktor-faktor penyebab kerusakan bahan adalah (Rahman, 2007a):

1. Pertumbuhan dan aktivitas mikrobiologi

Mikroba pathogen menghasilkan zat kimia yang bersifat racun. Mikroba mengubah komposisi makanan dengan menghidrolisis pati dan selulosa, menguraikan lemak, menguraikan protein, serta membentuk lendir, gas, busa, asam, serta racun. Penguraian lemak menyebabkan ketengikan. Penguraian protein menimbulkan bau busuk dan amoniak dalam makanan.

2. Aktivitas enzim

Enzim mempercepat reaksi-reaksi kimia dalam makanan dan menyebabkan perubahan komposisi pada makanan. Enzim dapat berasal dari makanan itu sendiri atau dari mikroba yang mencemari makanan. Pada hewan yang mati, enzim bekerja tidak terkendali sehingga pada potongan daging dan ikan tekstur berubah dan muncul bau amoniak. Biasanya tingkat keaktifan enzim maksimal pada pH 4-8.

3. Faktor lingkungan

Temperatur, kelembaban relatif, oksigen dan cahaya mempengaruhi proses pembusukan makanan. Pemanasan yang berlebihan menyebabkan kerusakan struktur protein, kerusakan vitamin, pemecahan lemak, serta mempercepat reaksi enzimatik. Pembekuan dan pencairan kembali (*thawing*) menyebabkan makanan menjadi kenyal / kering sama sekali. Pengeringan dengan temperatur awal tinggi dapat menyebabkan *casehardening* (pengeringan bagian permukaan bahan). Kelembaban relatif (RH) sangat mempengaruhi kadar air dalam bahan, bila kadar air bahan rendah dan RH di sekitar tinggi maka terjadi penyerapan uap air dari udara, permukaan bahan makanan menjadi basah dan memicu pertumbuhan mikroba. Oksigen memicu pertumbuhan mikroba, merusak vitamin A dan C, mengubah warna, dan menyebabkan proses oksidasi lemak yang menimbulkan bau

tengik. Cahaya mengkatalisasi perubahan protein, memicu reaksi browning non enzimatis, merusak riboflavin, vitamin A, vitamin C, dan warna makanan.

4. Waktu

Waktu mempengaruhi faktor penyebab kerusakan lainnya (mikrobiologi aktivitas enzim, oksigen, cahaya). Waktu yang lebih lama menyebabkan kerusakan lebih besar.

Metoda pengawetan pangan pada dasarnya adalah mengurangi faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan tersebut antara lain dengan :

1. Inhibisi, yaitu dengan memperlambat atau menghambat kerusakan makanan akibat reaksi kimia dan pertumbuhan mikroba. Inhibisi dilakukan melalui kontrol lingkungan, kontrol temperatur, kontrol *water activity*, maupun kontrol pH.

- a. Inhibisi menggunakan bahan kimia

Bahan kimia ditambahkan dalam makanan sebagai anti mikroba, anti oksidan (mencegah oksidasi lemak yang dapat menyebabkan ketengikan), bahan aditif, dan pengontrol pH. Contohnya penggunaan antioksidan *Tertiary Butyl Hydroquinone* (TBHQ), vitamin E (antioksidan alami), nitrit dan nitrat sebagai aditif dan antioksidan, propionat, sorbat, benzoat untuk mengontrol pH tetap rendah.

- b. Inhibisi dengan mengontrol air

Air yang perlu dikontrol adalah *water activity* (aw) atau aktivitas air. Aw menunjukkan air yang diperlukan untuk aktivitas mikroba, aktivitas enzimatis dan reaksi kimia. Aw didefinisikan sebagai perbandingan tekanan uap air dalam bahan makanan dan tekanan uap jenuh air pada temperatur yang sama.

$$aw = \frac{P}{P_0}$$

dimana P = tekanan uap bahan

P₀ = tekanan uap jenuh air pada T yang sama

Aw minimum untuk pertumbuhan mikroba umumnya 0,6-0,7, bakteri patogen 0,85-0,86 sedangkan jamur dan kapang 0,62. Penurunan aw dilakukan dengan mengeluarkan air atau menambah zat terlarut. Contohnya pengeringan.

- c. Inhibisi dengan mengontrol tekstur

Tekstur dikontrol agar tidak terjadi pengerutan dan perubahan tampilan karena kehilangan air terlalu banyak. Contohnya *edible coating*, *waxing*

d. Inhibisi dengan mengontrol atmosfer

Kontrol atmosfer dilakukan dengan merubah komposisi gas dalam kemasan makanan. Oksigen dan uap air dihilangkan, CO₂ diperbanyak, etilen dan volatil yang mempengaruhi aroma diserap menggunakan bahan tertentu.

2. Inaktivasi, yaitu menonaktifkan bakteri, khamir, jamur, dan enzim secara langsung. Inaktivasi dilakukan dengan menggunakan energi panas (pasteurisasi, sterilisasi, memasak, menggoreng), tekanan tinggi, ultrasonik, energi listrik, radiasi/medan magnet.
3. Menghindari rekontaminasi (secara tidak langsung) melalui pengemasan dan manajemen kualitas yang benar.

2.2. Pengawetan Ikan

Ikan merupakan sumber protein hewani yang sangat potensial dengan kandungan protein 15-20% dan kandungan air 70-80%. Kadar air yang tinggi memicu pertumbuhan bakteri, sehingga ikan mempunyai sifat penurunan mutu yang sangat cepat bila tidak ditangani dengan baik. Kandungan beberapa jenis ikan yang umum ditemui di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perbandingan Kandungan Beberapa Jenis Ikan (BBP4B-KP, 2010)

Nama Ikan	Nama Latin	Kadar Air	Kadar Abu	Kadar Protein	Kadar Lemak
Bandeng	<i>Chanos chanos</i>	70,45	2,15	22,84	1,15
Bawal		76,72	1,45	20,71	1,02
Cakalang		74,09	1,53	23,48	0,76
Gabus	<i>Channa striata</i>	78,60±0,09	0,98±0,08	17,61±0,19	1,34±0,12
Gurami	<i>Osphronemus gouramy</i>	72,96-75,48	0,95-1,03	18,71-20,67	2,20-2,79
Kakap Merah		80,51	1,33	17,82	0,55
Kembung	<i>Rastrelliger sp</i>	73,91	3,22	22,01	0,22
Kerapu		81,2	1,11	16,97	0,47
Lele	<i>Clarias batracus</i>	77,99	1,63	19,91	1,96
Mas	<i>Cyprinus carpio</i>	75,4	1,3	19,4	3,9
Nila	<i>Oreochromis niloticus</i>	81	1,08	16,05	1,34
Teri	<i>Stolephorus sp</i>	75,72	2,38	18,83	1,24

Ikan dilindungi kulit yang mengandung antimikroba, seperti *lysozyme* dan antibodi dalam darahnya. pH ikan netral dan potensi oksidasi-reduksi rendah karena adanya kandungan fosfat dan kreatin dalam otot. Pada saat ikan mati, terjadi proses penghentian suplai energy pada membran sel sehingga molekul dan ion dapat berdifusi, antimikroba tidak dapat

diproduksi dan didistribusikan sehingga mikroflora dari luar permukaan mudah masuk melalui kulit, mikroflora dari insang dan isi perut juga masuk ke daging ikan (Opara, 2007). Perubahan karakteristik pada ikan Cod, meskipun disimpan dalam es sesudah penangkapan dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2. Perubahan Karakteristik Ikan Cod selama Penyimpanan didalam Es (Shewan, 1970)

Fasa	Waktu Penyimpanan (hari)	Perubahan Karakteristik
I	0 – 6	Tidak ada tanda kebusukan
II	7 – 10	Tidak ada kelainan bau
III	11 – 14	Produksi sedikit bau (<i>sweet & fruity odors</i>)
IV	> 14	Produksi H ₂ SO ₃ dan senyawa sulfida lainnya dan bau amonia yang kuat

Dengan demikian meskipun disimpan pada suhu rendah ($\approx 0^{\circ}\text{C}$) kesegarannya tidak dapat dipertahankan lebih dari 10 hari. Metoda pengawetan ikan yang biasa dilakukan adalah pengalengan, pendinginan dan pembekuan, penggaraman, pengasapan, pengeringan, fermentasi, dibuat menjadi bungkil ikan, atau konsentrat protein ikan (Wooton, 1978).

Prinsip pembuatan ikan asin adalah kombinasi dari penggaraman dan pengeringan. Garam memiliki tekanan osmotik tinggi sehingga dapat menarik air dalam daging ikan keluar sekaligus menarik cairan sel mikroorganisme sehingga terjadi plasmolisis dan kematian sel mikroba. Garam menyebabkan koagulasi dan denaturasi protein dan enzim, sehingga menimbulkan pengerutan pada daging ikan, akibatnya air terperas keluar. Kandungan garam dalam jaringan ikan juga mengurangi jumlah oksigen dalam daging ikan sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme aerobik. Selain itu, garam dapat terurai menjadi ion natrium dan klorida, dimana ion klorida bersifat racun bagi mikroorganisme.

Di Indonesia pembuatan ikan asin yang umum dilakukan nelayan adalah kombinasi penggaraman kering dan basah, kemudian dikeringkan dengan penjemuran. Ikan dicampur dengan kristal garam dengan perbandingan berat 3:1 atau 4:1 di dalam bak semen. Campuran lalu disiram dengan larutan garam jenuh sebanyak 500 liter (untuk 2–2,5 ton ikan) dan dibiarkan 1-6 malam, tergantung cuaca. Setelah penggaraman cukup dan cuaca memungkinkan, ikan diangkat dan dibilas dengan air, kemudian dijemur. Bila cuaca baik, pengeringan ikan kecil seperti teri berlangsung selama 5-7 jam, ikan berukuran sedang 2 hari, dan ikan berukuran besar membutuhkan waktu sampai 4 hari. Penambahan garam yang

biasa dilakukan para nelayan Indonesia sekitar 20-40% berat ikan, terkadang 60-100% berat ikan (Margono, 1993, N.A., 2006). Standard ikan asin di Indonesia ditetapkan berdasarkan SNI 01-2721-1992 yang dapat dilihat pada Tabel 2.3 ini :

Tabel 2.3. Syarat Mutu Ikan Asin Kering

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan Mutu
Organoleptik		
Nilai minimal		6,5
Kapang		Negatif
Mikrobiologi		
TPC, maksimum	koloni/gram	1×10^5
<i>Eschericia coli</i> , maks	MPN/gram	< 3
<i>Salmonella</i> *	per 25 gram	Negative
<i>Vibrio cholerae</i> *	per 25 gram	Negative
<i>Staphylococcus aureus</i> *	per 25 gram	1×10^3
Kimia		
Air, maksimum	%b/b	25
Garam, maksimum	%b/b	10 – 20
Abu tak larut dalam asam, maks	%b/b	1,5

2.3. Dehidrasi Osmotik

Dehidrasi osmosis adalah teknik pengurangan kadar air dari makanan melalui perendaman dalam larutan garam atau gula pekat. Akibatnya, terjadi aliran yang berlawanan, yaitu cairan dalam makanan mengalir keluar dan zat terlarut dari larutan masuk ke dalam makanan (Rahman, 2007b). Proses dehidrasi osmosis tidak menghasilkan produk dengan kandungan air sangat rendah, sehingga perlu dikombinasikan dengan proses pengeringan lain atau digunakan sebagai pretreatment untuk proses selanjutnya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dehidrasi osmotik, yaitu :

a) Jenis zat terlarut

Osmotik agen yang biasa digunakan adalah NaCl, sukrosa, glukosa, fruktosa, laktosa, dekstrosa, maltosa, polisakarida, maltodekstrin, *corn starch syrup*, *whey*, sorbitol, asam askorbat, asam sitrat, kalsium klorida, atau kombinasinya. Pada dehidrasi osmotik buah biasanya digunakan sukrosa, sedangkan pada dehidrasi osmotik sayuran, ikan dan daging digunakan NaCl (Rahman, 2007b). Larutan gula dan larutan garam merupakan larutan Biner dan sudah umum digunakan. Larutan Terner (gula-NaCl-air) sangat efektif untuk sayuran (Spiess, 2006). Pada dehidrasi osmotik tilapia (ikan nila), NaCl signifikan menurunkan *aw*

(aktivitas air) sedangkan sukrosa signifikan menurunkan kelembaban sehingga kombinasi keduanya efektif menurunkan a_w dan kelembaban. Dikatakan pula bahwa penambahan sukrosa memperlambat tercapainya kesetimbangan dan menurunkan difusi NaCl ke dalam ikan (Medina-Vivanco, 2002). Penggunaan larutan Turner NaCl+sirup jagung lebih efektif karena menghasilkan kehilangan air lebih besar dan *solid gain* lebih kecil daripada penggunaan NaCl+sukrosa pada dehidrasi osmosis *catfish* (Ribeiro, 2004) dan (Oladele, 2008) menemukan bahwa larutan Turner meningkatkan efek temperatur.

b) Konsentrasi larutan osmosis

(Corzo, 2005) mengamati pada proses dehidrasi ikan sardinkenaikan konsentrasi larutan osmosisakan meningkatkan kecepatan dan jumlah kehilangan air dari dalam tubuh ikan. Hal ini juga terjadi pada proses dehidrasi osmosis pada wortel, namun efek konsentrasi larutan tidak signifikan saat konsentrasi 5-15% (b/v)(Singh, 2008).

c) Temperatur larutan osmosis

Selama temperatur dibawah 36°C, kecepatan *waterloss* meningkat saat konsentrasi meningkat, dan diatas temperatur 36°C kecepatan menurun saat konsentrasi meningkat (Corzo, 2005). Sedang (Oladele, 2008) mengatakan peningkatan temperatur dan waktu perendaman pada dehidrasi osmosis *catfish* mempengaruhi kelembaban dan *water loss* namun tidak mempengaruhi *weight reduction*, *salt gain*, dan a_w ikan secara signifikan.

Kontradiktif dengan hukum difusi secara umum (Singh, 2008) menemukan kenaikan temperatur menurunkan *water loss* dan *solid gain* pada dehidrasi osmotik wortel.

d) Sifat zat terlarut

Sifat zat terlarut ditentukan oleh berat molekul dan kemampuan ioniknya. Laju difusi pada solut dengan berat molekul besar, lebih rendah daripada menggunakan solute dengan berat molekul yang lebih kecil pada konsentrasi yang sama.

e) Pengadukan dan waktu perendaman

Water Loss dan *solid gain* meningkat cepat pada 90 menit pertama waktu perendaman pada proses dehidrasi wortel (Singh, 2008). *Weight reduction*, perubahan kadari air dan kadar garam dan water activity terjadi selama 4 jam pertama perendaman (Sankat, 2006).

f) Geometri bahan

Proses dehidrasi osmotik dipengaruhi oleh luas permukaan per satuan volum atau massa. Umumnya transfer massa bertambah bila ketebalan bahan berkurang.

g) Rasio massa larutan dan makanan (STSR)

Water loss dan *solid gain* meningkat pada peningkatan rasio massa larutan terhadap makanan. *STSR* tidak signifikan mempengaruhi *Water Loss* dan *solid gain* pada dehidrasi osmotik wortel (Singh, 2008).

h) Sifat fisik-kimia makanan

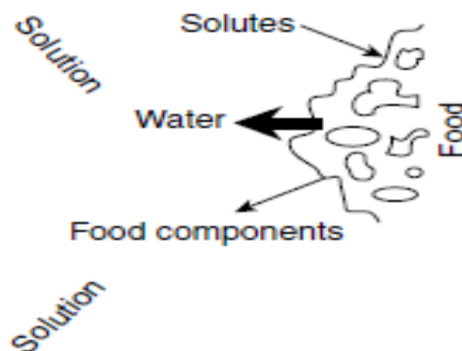
Komposisi kimia (protein, karbohidrat, lemak, dan garam), struktur fisik (porositas, susunan sel, orientasi serat dan kulit), serta pengolahan pendahuluan mempengaruhi kinetika osmosis. Ikan dengan tekstur halus dan ikan dengan kualitas yang sudah menurun biasanya lebih mudah menyerap garam dan ikan dengan kandungan lemak tinggi lebih lambat dalam menyerap garam

i) Tekanan operasi

Kondisi vakum meningkatkan kapilaritas dan meningkatkan *water loss* tanpa mempengaruhi *solid gain*

2.4 Mekanisme Dehidrasi Osmosis

Dehidrasi osmosis terjadi karena adanya gaya pendorong berupa perbedaan konsentrasi antara larutan dan di dalam sel. Air akan keluar dari dalam sel, sedangkan solut dari larutan masuk ke dalam cairan sel. Transfer air terjadi melalui proses difusi dan kapilaritas, sedangkan transfer zat terlarut hanya terjadi melalui proses difusi (Rahman, 2007). Proses transfer massa secara umum mengikuti hukum kedua Fick. Hukum Ficks dapat diturunkan untuk berbagai bentuk dan dapat digunakan untuk mengestimasi koefisien difusi air dan solute (Telis et al, 2004). Proses transfer air dan solut dalam dehidrasi osmosis dapat dilihat pada Gambar 2.1. Kinetika dan transfer massa dalam proses dehidrasi osmosis belum tereksplorasi dengan baik hingga saat ini.



Gambar 2.1 Transfer Air dan Solut dalam Proses Dehidrasi Osmosis (Rahman, 2007)

Proses dehidrasi osmotik terdiri dari 2 periode, yaitu:

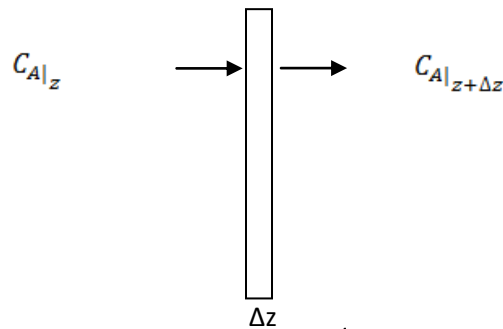
- Periode dinamik, pada periode ini laju transfer massa terus naik atau turun hingga kondisi kesetimbangan tercapai.
- Periode kesetimbangan, pada periode ini laju transfer massa nol. Kesetimbangan merupakan titik akhir dari dehidrasi osmotik.

2.5. Kelebihan Dehidrasi Osmosis

Kelebihan proses dehidrasi osmosis dibanding metode pengeringan konvensional antara lain dapat mempertahankan karakteristik awal makanan (warna, aroma, nutrisi, dan tekstur makanan), tidak terjadi *enzymatic browning*, biaya alat dan biaya proses rendah, serta penggunaan energi lebih efisien karena dapat dilakukan pada temperatur rendah dan tidak melibatkan perubahan fasa selama pengeringan (Wirawan, 2006) Produk dehidrasi osmosis lebih stabil, terutama bila dikombinasikan dengan metode lain (Rahman, 2007).

2.6. Model Kinetika Perpindahan Massa pada Ikan

Perpindahan massa eksternal terjadi di bagian luar permukaan ikan (dianggap sangat kecil), sedangkan perpindahan massa internal terjadi pada bagian dalam ikan. Berikut adalah gambar control volum dari ikan teri yang dianggap berbentuk slab.



Laju akumulasi = laju masuk – laju keluar + laju reaksi

$$\frac{dC_A}{dt} (A\Delta z) = A(N_{A|_{z+\Delta z}} - N_{A|_z})$$

Persamaan tersebut dibagi dengan A dan Δz sehingga menjadi:

$$\frac{dC_A}{dt} = - \frac{dN_A}{dz}$$

N_A kemudian disubstitusi menggunakan hukum Fick kedua dengan asumsi komponen B diam ($N_B = 0$) dan tidak ada perpindahan massa konveksi (ruas kanan diabaikan), yaitu:

$$N_A = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz} + \frac{C_A}{C} (N_A + N_B)$$

$$N_A = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz}$$

maka,

$$\frac{dC_A}{dt} = D_{AB} \frac{d^2 C_A}{dz^2} \quad (1)$$

Persamaan diatas merupakan persamaan diferensial parsial, orde 2 terhadap z dan orde 1 terhadap t , dengan D_{AB} merupakan koefisien difusivitas komponen A melalui B.

Kondisi batas yang digunakan sebagai berikut:

1. pada $t = 0$, C_A = konsentrasi awal
2. pada $z = 0$, $C_A = C_{A \text{ tertentu}}$
3. pada $z = L$, C_A = konsentrasi larutan

Model yang digunakan dalam penelitian ini dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa percobaan dilakukan selama proses dinamis sampai kondisi ekuilibrium tercapai. Tingkat hilangnya air selama hidrasi osmosis menggunakan hukum kedua Fick pada keadaan belum tunak dan dapat digambarkan sebagai berikut :

$$\frac{\partial M}{\partial x} = D \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} \quad (2)$$

Dimana M = difusi substansi setelah waktu t , t = waktu, x = ketebalan sampel, D = koefisien difusi air pada padatan .

Dalam kondisi awal, dimana satu sisi ($x = 0$) dan konsentrasi konstan dari larutan C_1 dan sisi lain ($x = l$) pada C_2 sedangkan awalnya memiliki konsentrasi C_0 , pada interval waktu selama kondisi belum tunak, perubahan konsentrasi menjadi :

$$C = C_1 + (C_2 - C_1) \frac{x}{l} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_2 \cos n\pi - C_1}{n} \sin \frac{n\pi x}{l} \exp\left(-\frac{Dn^2 \pi^2 t}{l^2}\right) + \frac{4C_0}{\pi} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{2m+1} \sin \frac{(2m+1)\pi x}{l} \exp\left(-\frac{D(2m+1)^2 \pi^2 t}{l^2}\right) \quad (3)$$

Namun, pada waktu yang tak terhingga \sim kondisi ekuilibrium persamaan (3) dapat disederhanakan menjadi distribusi konsentrasi linier (Crank, 1975, Azoubel, 2000, Telis, 2004). Maka laju kehilangan air dan solid yang didapat selama dehidrasi osmotik dapat ditentukan oleh persamaan (4) dan (5),

$$\frac{x - x_{eq}}{x_0 - x_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{D(2n+1)^2 \pi^2 t}{l^2}\right) \quad (4)$$

$$\frac{M_0 - M}{M_0 - M_{eq}} = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{D(2n+1)^2 \pi^2 t}{l^2}\right) \quad (5)$$

Dimana x = kadar air dan M = konsentrasi NaCl atau sukrosa , masing-masing pada waktu t , X_0 dan M_0 adalah nilai awal dari variabel dan x_{eq} dan M_{eq} adalah nilai ekuilibrium yang sesuai .

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Kerangka Penelitian

Penelitian yang dilakukan terdiri dari penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Pada penelitian utama dilakukan proses dehidrasi osmosis ikan teri dengan variasi jenis, temperatur dan konsentrasi larutan osmosis. Jenis larutan osmosis yang digunakan adalah larutan Biner (larutan NaCl) dengan konsentrasi 15%, 24,24%-jenuh, dan 50%. Selain itu juga menggunakan larutan Terner (larutan NaCl + sukrosa) dengan konsentrasi NaCl 24,24% dan sukrosa 30%. Seluruh percobaan dilakukan pada temperatur ruang dan 40°C. Sebagai perbandingan, juga dilakukan pengasinan langsung pada ikan teri dengan menaburkan garam *foodgrade* 10% dan 35%-berat dari berat total ikan. Ikan teri direndam dalam wadah Erlenmeyer 500 mL yang telah diisi dengan larutan osmosis dan ditempatkan di *shaker* termostatik. Rasio massa pelarut dengan ikan teri adalah 10 : 1, sehingga efek dilusi dapat diabaikan (Raoult - Wack, 1994). Kemudian dilanjutkan dengan pengeringan ikan dalam *tray dryer* dan analisis produk ikan sesudah pengeringan, serta uji rasa dan kesukaan pada ikan yang digoreng. Tabel variasi percobaan dapat dilihat pada Tabel 3.1. Sedangkan diagram dari prosedur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

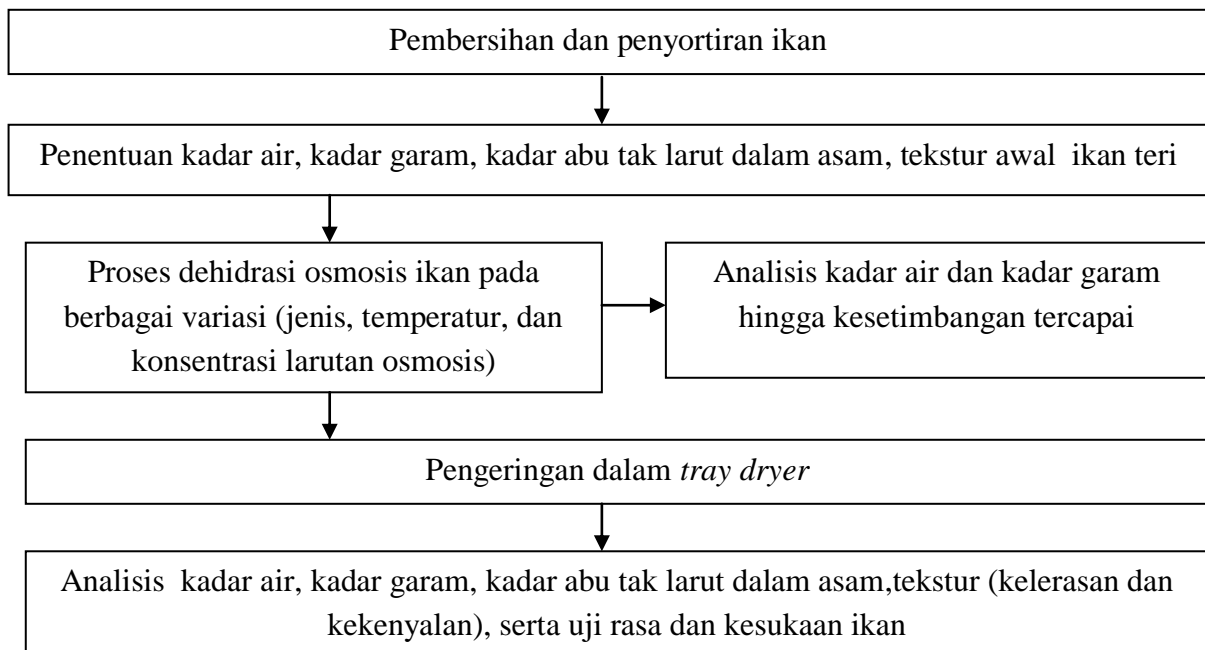
Tabel 3.1. Variasi Percobaan

Konsentrasi	NaCl		NaCl + sukrosa 30%	
	T ruang	40 °C	T ruang	40 °C
belum jenuh (15%)	V	v	X	x
jenuh (24,24%)	V	v	V	v
lewat jenuh (50%)	V	v	X	x
penggaraman 10%	V	x	X	x
penggaraman 35%	V	x	X	x

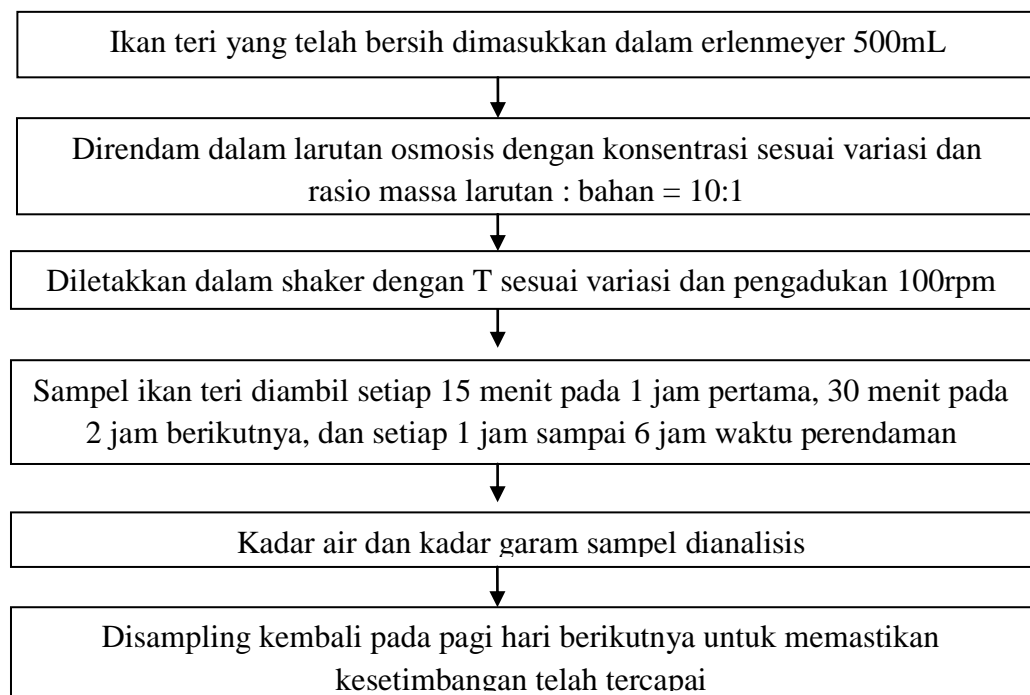
Keterangan:

V= run yang dilakukan

X=run yang tidak dilakukan



Gambar 3.1. Kerangka Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Dehidrasi Osmosis Ikan

3.2. Analisis

Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap kadar air, kadar garam, kadar abu tak larut dalam asam, tekstur, serta uji rasa dan kesukaan. Metode analisis yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Analisis kadar air

Analisis kadar air dilakukan menggunakan metoda pengeringan oven secara gravimetri.

2. Analisis kadar garam

Analisis kadar garam dilakukan menggunakan metode titrasi *volhard*, yaitu menggunakan AgNO_3 dan KSCN .

3. Analisis kadar abu tak larut dalam asam

Kadar abu tak larut dalam asam dianalisis menggunakan metode gravimetri dan menggunakan HCl 10%.

4. Analisis tekstur

Analisis tekstur (kekerasan dan kekenyalan) dilakukan setelah pengeringan dalam *tray dryer* menggunakan *texture analyzer* dengan menggunakan program.

5. Uji rasa dan kesukaan

Uji rasa dilakukan kepada 20 orang responden dengan kuesioner seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Kuesioner Uji Rasa dan Kesukaan

No.	Larutan	Uji Rasa			Uji Kesukaan		
		kurang asin	cukup	terlalu asin	agak suka	suka	tidak suka
1	NaCl belum jenuh, Temperatur = 40°C						
2	NaCl jenuh, Temperatur = 40°C						
3	NaCl lewat jenuh, Temperatur = 40°C						
4	NaCl belum jenuh, Temperatur ruang						
5	NaCl jenuh, Temperatur ruang						
6	NaCl lewat jenuh, Temperatur ruang						
7	Penggaraman 10%						
8	Penggaraman 35%						
9	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur = 40°C						
10	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur ruang						

BAB IV

JADWAL PELAKSANAAN

Kegiatan	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nov
Studi pustaka & pengumpulan data											
Penelitian tahap I											
Presentasi sebagian hasil dalam seminar											
Penelitian tahap II (lanjutan + evaluasi berdasarkan masukan dari seminar)											
Penulisan & pengiriman hasil penelitian ke journal											
Penyelesaian laporan ke LPPM											

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

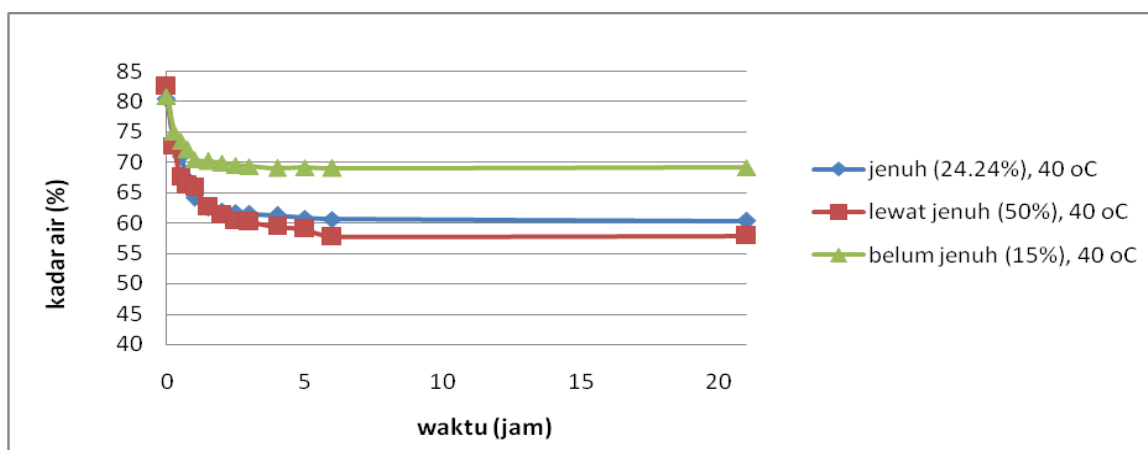
Pada penelitian ini, digunakan ikan teri dari pasar lokal, dibuang saluran cernanya, dicuci, serta dipilih yang memiliki berat 3,2 – 3,7g. Pembuangan saluran cerna bertujuan untuk meminimalkan kontaminasi dari bakteri, sedangkan penyortiran ikan bertujuan menyeragamkan massa dan ukuran ikan. Ikan yang telah disortir memiliki ketebalan sekitar 0,7 cm dan diasumsikan berbentuk slab.

Proses dehidrasi osmosis menggunakan rasio massa larutan terhadap bahan dibuat cukup besar 10:1, untuk meminimalkan efek pengenceran, sehingga proses dehidrasi osmosis dapat diasumsikan berlangsung pada konsentrasi konstan (Raoult-Wack, 1994). Selain itu, proses difusi yang terjadi diasumsikan hanya proses difusi secara internal, yaitu yang terjadi di dalam daging ikan (bagian dalam ikan). Proses difusi eksternal dapat diabaikan karena kulit ikan sangat tipis sehingga difusi eksternal sangat kecil. Parameter yang digunakan untuk mengamati kinetika dehidrasi osmosis berupa kadar air dan kadar garam. Kadar air menunjukkan jumlah air yang berhasil dikeluarkan dari ikan, dan kadar garam menunjukkan jumlah solut yang berdifusi ke ikan. Kadar air pada ikan diamati tiap 15 menit selama 1 jam pertama, 30 menit selama 2 jam setelahnya, dan 1 jam sampai 6 jam waktu perendaman dengan cara mengukur massa air yang hilang saat dikeringkan dalam oven (secara gravimetri). Kadar garam dihitung menggunakan sampel ikan kering dari oven menggunakan metode titrasi *volhard*. Pengukuran kadar air dan garam dilakukan sampai kondisi kesetimbangan tercapai, sehingga dilakukan *sampling* pada hari selanjutnya (jam ke-21) untuk memastikan bahwa kesetimbangan telah tercapai. Ikan teri dikeringkan menggunakan *tray dryer* pada temperatur 55°C sampai beratnya konstan.

Kadar air dan kadar garam berubah dengan cepat pada jam-jam awal, dapat dikatakan sebagai *first period of high transfer rates* (Medina, 2002). Hal ini terjadi karena *driving force* awal yang besar akibat perbedaan konsentrasi yang besar antara permukaan ikan dan di fasa curah. *Driving force* semakin menurun selama proses karena masuknya solut ke dalam ikan maupun keluarnya air dari ikan ke larutan, sampai akhirnya tercapai kondisi kesetimbangan. Kondisi kesetimbangan dapat diamati saat grafik mulai konstan.

5.1. Pengaruh Konsentrasi Larutan NaCl Selama Dehidrasi Osmotik

Pada Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa kadar air akan semakin menurun seiring meningkatnya konsentrasi NaCl yang digunakan akibatnya konsentrasi garam pada ikan teri juga meningkat. Hal ini berkaitan dengan *driving force* awal proses dehidrasi osmosis, semakin besar konsentrasi awal larutan yang digunakan maka semakin besar perbedaan konsentrasi (*driving force*) antara di dalam ikan dan di larutan osmosis (Medina, 2002).



Gambar 5.1 Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Kadar Air Ikan dalam Proses Dehidrasi Osmosis pada Temperatur 40°C

Penurunan kadar air ini cukup besar antara larutan NaCl 15% dengan NaCl jenuh (24,24%), sedangkan antara Larutan NaCl jenuh (24,24%) dengan lewat jenuh (50%) relatif kecil dibandingkan dengan penambahan jumlah NaCl yang besar. Hal ini disebabkan karena larutan NaCl telah jenuh dan kelebihan NaCl mengendap di dasar Erlenmeyer. Jadi penggunaan larutan lewat jenuh kurang efisien mengingat banyaknya NaCl yang mengendap di dasar sampai akhir proses, namun bila dipertimbangkan *recycle* NaCl pada skala industri maka kemungkinan cukup baik untuk diterapkan. Penggunaan larutan lewat jenuh sendiri dimaksudkan untuk menambah *driving force* proses difusi, karena walaupun NaCl berlebih mengendap namun adanya pengadukan akan melarutkan NaCl berlebih saat NaCl dalam larutan berdifusi ke ikan, sampai terjadinya kesetimbangan. Pada Gambar 5.1 juga terlihat pengaruh konsentrasi NaCl terhadap waktu kesetimbangan, yaitu semakin kecil konsentrasi zat terlarut maka kesetimbangan cepat tercapai.

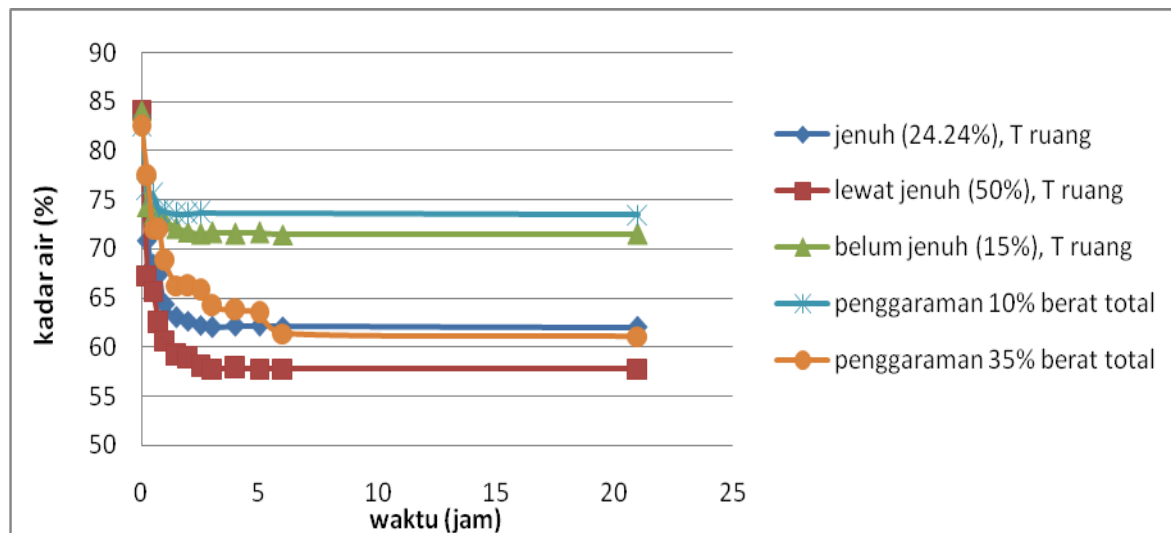
Proses dehidrasi osmosis yang dilakukan pada temperatur ruang, dibandingkan dengan proses penggaraman ikan asin secara tradisional dan garam yang digunakan sebesar 10% dan

35% dari berat total ikan telah sesuai dengan batas jumlah garam menurut SNI. Proses penggaraman biasa dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Proses Penggaraman Ikan Secara Tradisional

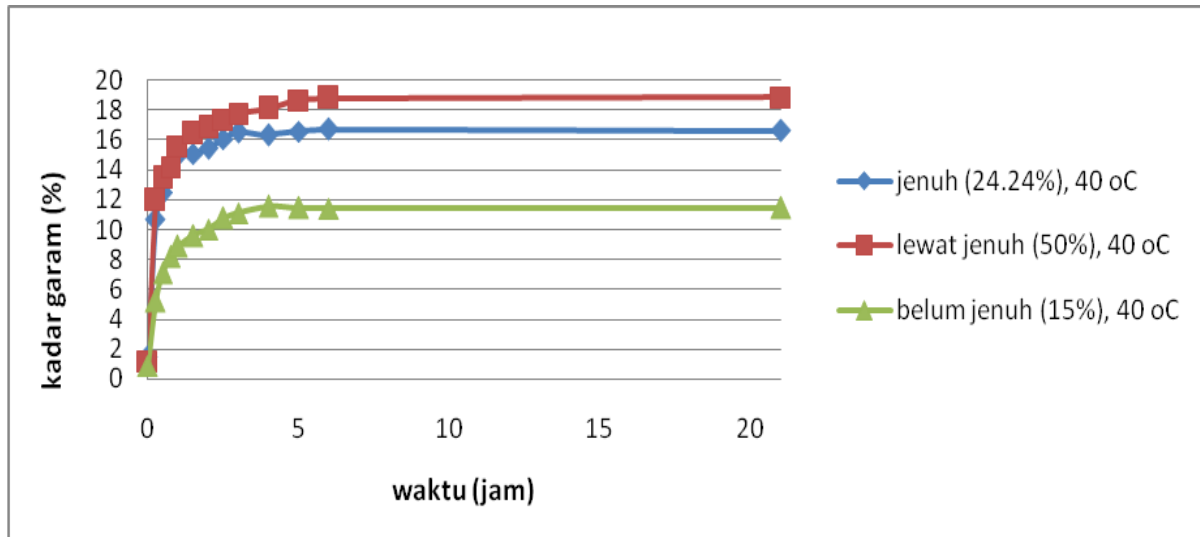
Setelah dibandingkan (dapat dilihat pada Gambar 5.3), proses penggaraman 35% menurunkan kadar air lebih banyak daripada larutan NaCl jenuh. Walaupun kadar airnya sedikit lebih rendah dari larutan NaCl jenuh, namun pada penggaraman biasa penurunan kadar air lebih lambat dan relatif tidak konstan. Tidak konstannya penurunan kadar air disebabkan oleh adanya sebagian ikan yang terendam oleh air yang keluar sedangkan lainnya tidak sehingga menyebabkan penurunan kadar air menjadi lambat dan tidak seragam.



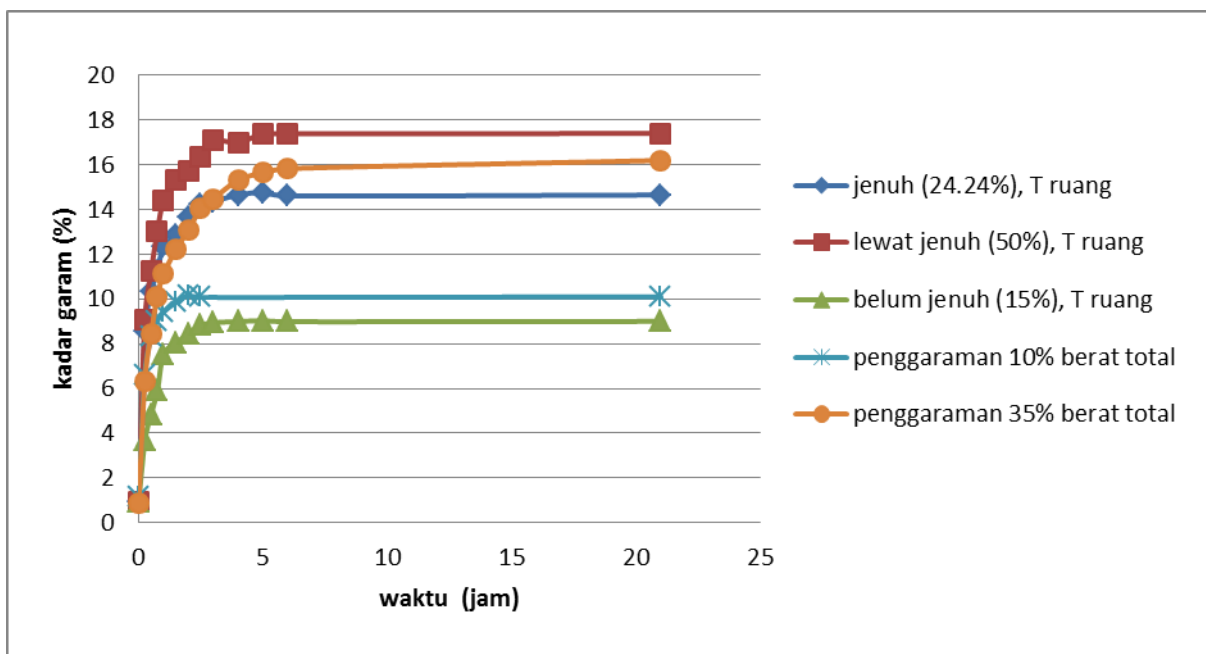
Gambar 5.3 Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Kadar Air Ikan dalam Proses Dehidrasi Osmosis pada Temperatur Ruang

Pada penggaraman 10%, kurang dapat diamati karena waktu kesetimbangan sangat cepat, yaitu sekitar jam ke-2. Waktu kesetimbangan tersebut sangat cepat karena jumlah garam yang ditambahkan sangat kecil, sehingga air yang berhasil dikeluarkan juga sangat sedikit.

Pengaruh konsentrasi larutan Biner (NaCl) terhadap kadar garam dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5. Kadar garam meningkat saat konsentrasi larutan Biner (NaCl) yang digunakan semakin tinggi. Hal ini sama seperti kadar air, yaitu karena besarnya *driving force* saat konsentrasi tinggi sehingga difusi solut ke dalam ikan semakin besar.



Gambar 5.4 Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Kadar Garam Ikan dalam Proses Dehidrasi Osmosis pada Temperatur 40 °C

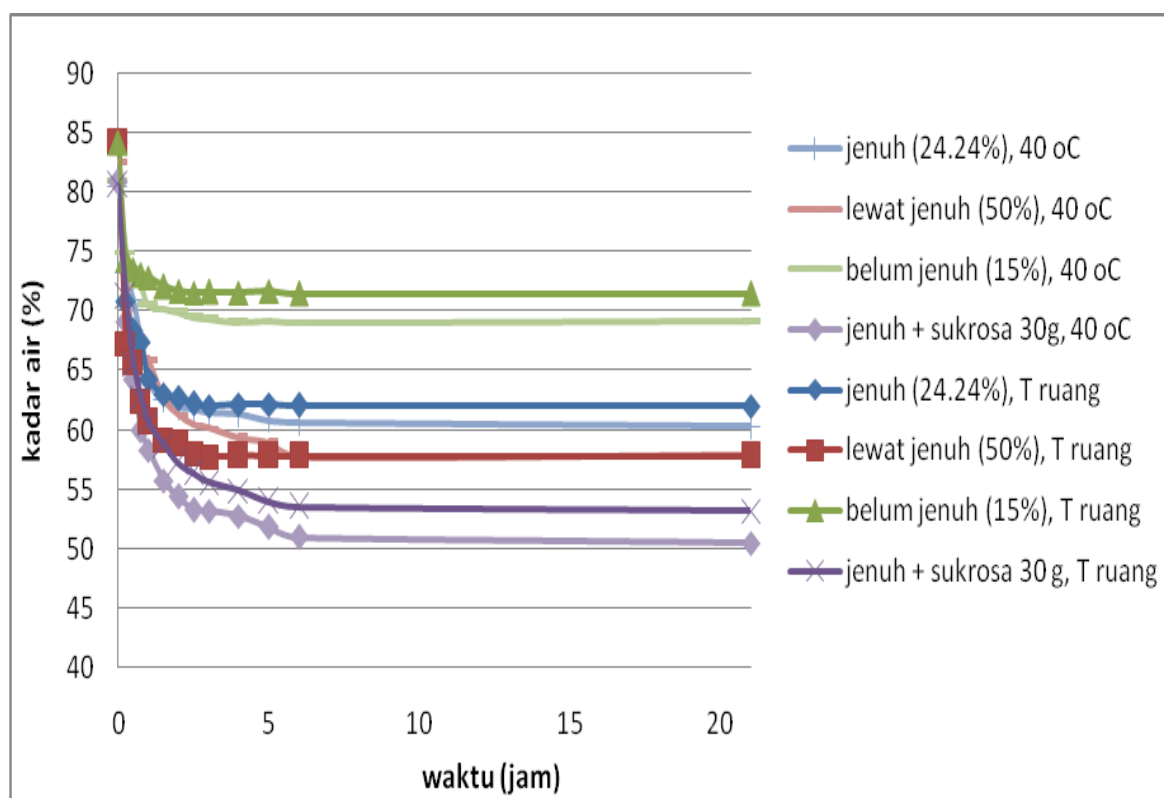


Gambar 5.5. Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Kadar Garam Ikan dalam Proses Dehidrasi Osmosis pada Temperatur Ruang

Pada penggaraman 35% menghasilkan kadar garam yang terus meningkat, hingga mendekati larutan NaCl jenuh, dan penggaraman 10% menghasilkan kadar garam yang lebih besar dari larutan NaCl 15%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar garam yang dihasilkan oleh penggaraman biasa relatif lebih tinggi dibandingkan penurunan kadar airnya (Gambar 5.3 dan Gambar 5.5). Tingginya kadar garam tersebut disebabkan karena garam langsung ditaburkan di permukaan ikan, sehingga lebih mudah masuk ke dalam ikan.

5.2 Pengaruh Temperatur Proses Selama Dehidrasi Osmotik

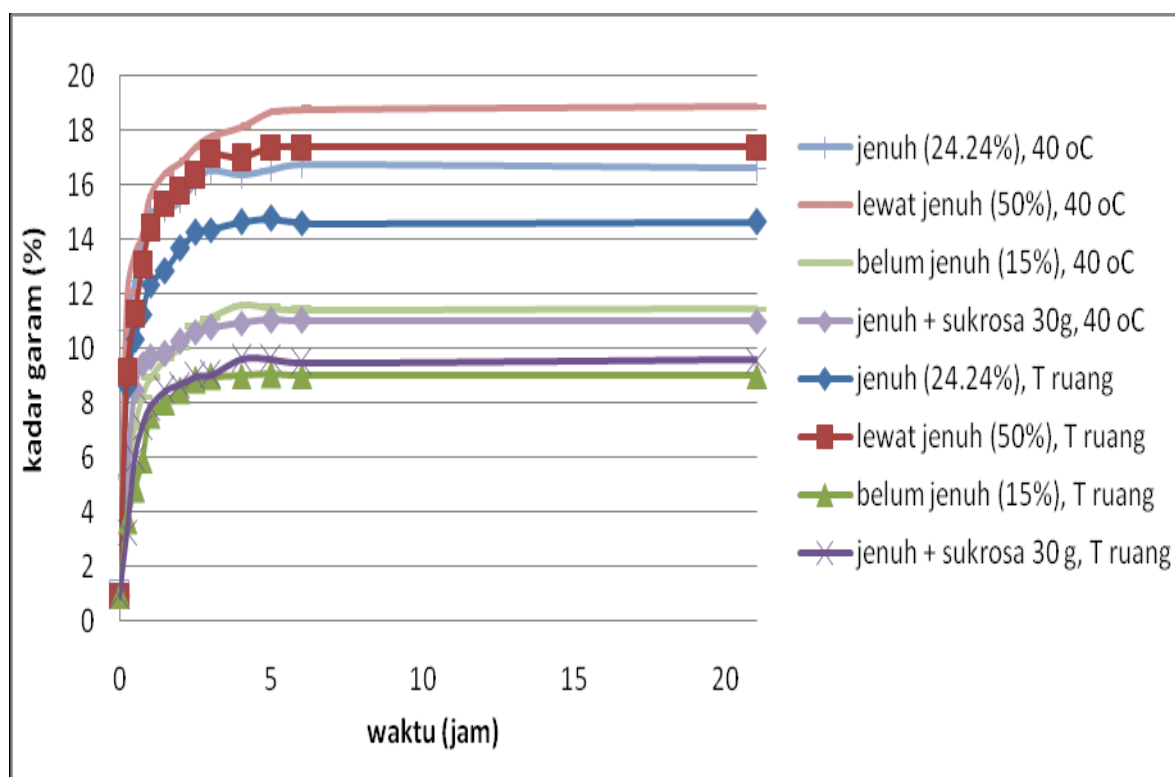
Gambar 5.6 memperlihatkan bahwa peningkatan temperatur proses akan menurunkan kadar air pada ikan. Hasil ini sesuai dengan proses dehidrasi pada umumnya, seperti yang diperoleh juga pada dehidrasi osmosis sarden, *catfish*, hiu. Pada larutan NaCl 15%, penggunaan temperatur 40°C menurunkan kadar air dalam ikan paling besar, diikuti oleh larutan NaCl jenuh (24,24%), dan pada larutan NaCl lewat jenuh (50%) efek temperatur tidak mempengaruhi kadar air, dan kembali muncul efek temperatur pada larutan Turner (NaCl jenuh + sukrosa 30 g).



Gambar 5.6 Pengaruh Temperatur Proses terhadap Kadar Air Ikan pada Berbagai Jenis Larutan Osmosis dan Konsentrasi Larutan Osmosis

Semakin tinggi konsentrasi NaCl, efek temperatur semakin kecil, dan pada konsentrasi larutan osmosis sangat tinggi maka efek temperatur akan hilang, namun terlihat jelas pada Gambar 4.6 bahwa terdapat perbedaan waktu tercapainya kesetimbangan. Penggunaan temperatur yang lebih tinggi (40°C) mempercepat terjadinya kesetimbangan karena peningkatan temperatur memberikan energi lebih besar kepada molekul solut untuk bergerak sehingga mempercepat proses difusi dan mengeluarkan air lebih banyak, serta mempercepat terjadinya kesetimbangan.

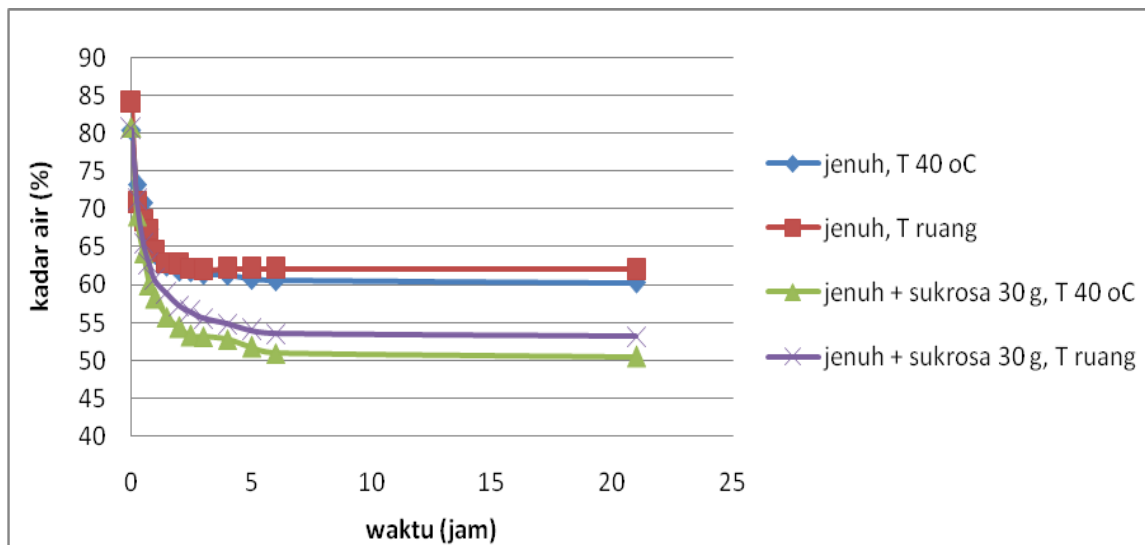
Berdasarkan Gambar 5.7, peningkatan temperatur akan meningkatkan jumlah garam yang masuk ke daging ikan. Hasil ini berbeda dengan yang diperoleh pada dehidrasi osmosis hiu dan *catfish* dimana temperatur tidak mempengaruhi jumlah garam dalam ikan, namun sesuai dengan apa yang dikemukakan Corzo (2005) dalam dehidrasi osmosis sarden. Seperti pada efek temperatur terhadap kadar air, peningkatan temperatur akan memberikan energi lebih kepada molekul solut untuk berdifusi masuk ke dalam ikan. Bila diamati pada Gambar 5.7, kadar garam menggunakan larutan NaCl jenuh + sukrosa 30g turun hingga mendekati NaCl 15% pada temperatur yang sama.



Gambar 5.7 Pengaruh Temperatur Proses terhadap Kadar Garam Ikan pada Berbagai Jenis Larutan Osmosis dan Konsentrasi Larutan Osmosis

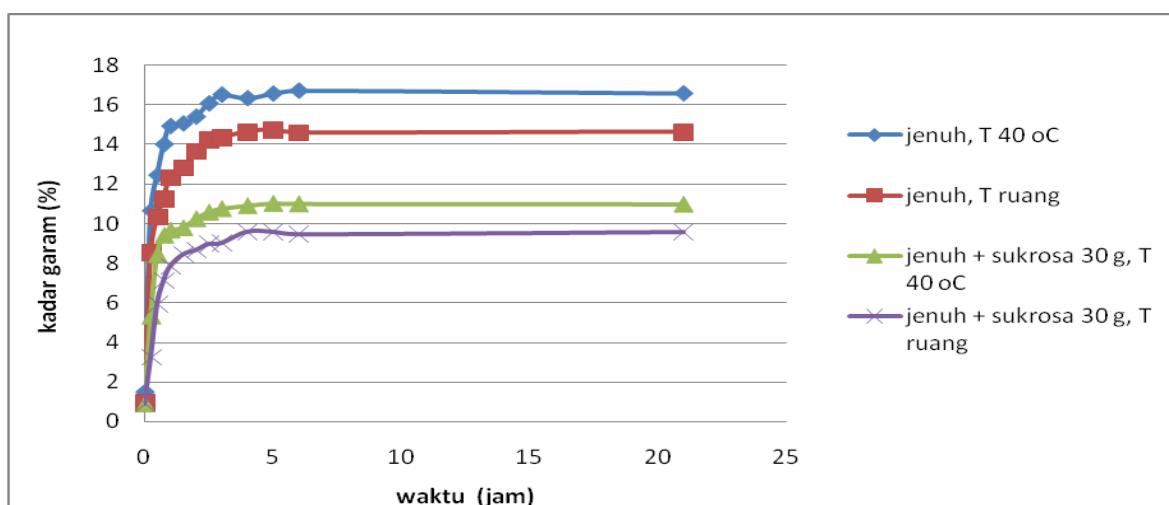
5.3 Pengaruh Jenis Larutan Osmosis Selama Dehidrasi Osmotik

Dapat dilihat pada Gambar 5.8, penambahan sukrosa pada konsentrasi NaCl yang sama akan menurunkan kadar air 8,9% pada temperatur ruang dan 10,3% pada 40 °C.



Gambar 5.8 Pengaruh Jenis Larutan Osmosis terhadap Kadar Air Ikan dalam Proses Dehidrasi Osmosis pada Temperatur Ruang dan 40°C

Sesuai dengan literatur, sukrosa merupakan agen dehidrasi yang baik karena berat molekulnya yang besar. Hal ini terjadi karena sukrosa (BM=342) secara lambat berdifusi ke dalam daging ikan sehingga menimbulkan efek gradien konsentrasi yang besar lebih lama sehingga memungkinkan pengeluaran air lebih banyak. Gradien konsentrasi yang besar tersebut juga berhasil memperlambat terjadinya kesetimbangan pada larutan Turner dibanding larutan Biner NaCl.



Gambar 5.9 Pengaruh Jenis Larutan Osmosis terhadap Kadar Garam Ikan dalam Proses Dehidrasi Osmosis pada Temperatur Ruang dan 40°C

Berdasarkan Gambar 5.9, adanya sukrosa juga menurunkan jumlah garam yang masuk ke dalam ikan, yaitu sebesar 5,08 % pada T ruang dan 5,60 % Pada T = 40 °C. Seperti dikatakan oleh Collignan (1994) bahwa dalam jumlah pengeluaran air yang sama, peningkatan berat molekul dapat menurunkan jumlah solut yang masuk. Hal ini terjadi karena penambahan sukrosa dalam larutan menghasilkan kompetisi diantara dua solut sehingga menghambat masuknya NaCl. Kadar air dan kadar garam kesetimbangan keseluruhan run disajikan dalam Tabel 5.1

Tabel 5.1 Kadar Air dan Kadar Garam Kesetimbangan

No.	Larutan	kadar air (%)	kadar garam (%)
1	NaCl belum jenuh, Temperatur = 40°C	69,018	11,401
2	NaCl jenuh, Temperatur = 40°C	60,308	16,604
3	NaCl lewat jenuh, Temperatur = 40°C	57,910	18,788
4	NaCl belum jenuh, Temperatur ruang	71,473	8,986
5	NaCl jenuh, Temperatur ruang	62,105	14,606
6	NaCl lewat jenuh, Temperatur ruang	57,805	17,391
7	Penggaraman 10%	73,669	10,077
8	Penggaraman 35%	61,017	16,194
9	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur = 40°C	50,468	11,004
10	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur ruang	53,196	9,578

5.4 Koefisien Difusivitas (D_{AB})

Koefisien difusivitas merupakan ukuran kecepatan difusi A melalui B. Perhitungan nilai D_{air} dan D_{NaCl} dilakukan berdasarkan persamaan yang telah dimodifikasi oleh Telis (2004) dalam dehidrasi osmosis tomat. Persamaan ini dipilih karena dapat digunakan untuk perhitungan koefisien difusivitas dalam larutan biner maupun terner. Bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(\frac{-D(2n+1)^2\pi^2 t}{L^2}\right)$$

dengan X merupakan fraksi massa (basis bebas air dan garam) pada berbagai t(s), X_{eq} adalah fraksi massa (basis bebas air dan garam) pada kondisi kesetimbangan, X_0 merupakan fraksi massa (basis bebas air dan garam) pada saat t=0, L adalah tebal ikan teri, yaitu sebesar

0,7cm, dan D adalah koefisien difusivitas air atau garam. Koefisien difusivitas air (D_{air}) didapat dengan memasukkan fraksi massa air, sedangkan koefisien difusivitas garam (D_{NaCl}) didapat dengan memasukkan nilai fraksi massa garam ke dalam persamaan tersebut. Nilai D dicari menggunakan program Matlab 7.1.

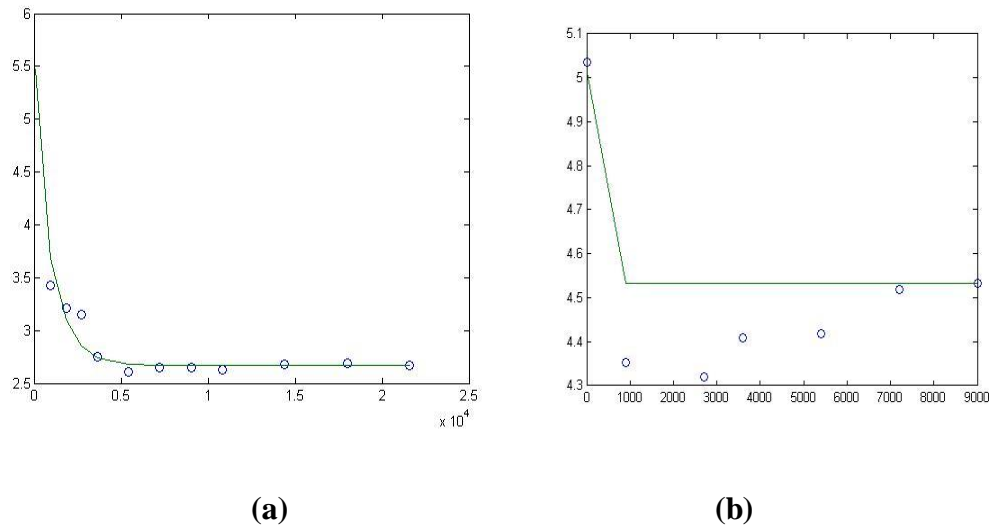
Tabel 5.2 Koefisien Difusi Air dan NaCl

No.	Larutan	D_{air}	D_{NaCl}
1	NaCl belum jenuh, Temperatur = 40°C	4,30E-05	1,56E-05
2	NaCl jenuh, Temperatur = 40°C	1,00E-05	1,25E-04
3	NaCl lewat jenuh, Temperatur = 40°C	1,18E-05	1,56E-04
4	NaCl belum jenuh, Temperatur ruang	4,90E-05	1,37E-05
5	NaCl jenuh, Temperatur ruang	4,74E-05	2,83E-05
6	NaCl lewat jenuh, Temperatur ruang	7,13E-05	2,05E-05
7	Penggaraman 10%	2,10E-03	3,32E-05
8	Penggaraman 35%	8,54E-06	1,07E-05
9	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur = 40°C	2,42E-05	1,86E-05
10	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur ruang	2,39E-05	2,93E-05

Berdasarkan hasil yang didapat dan dapat dilihat pada Tabel 5.2 , diperoleh D_{air} berada dalam rentang $1,00 \times 10^{-5}$ - $4,74 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ untuk dehidrasi osmosis ikan teri dan $2,10 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ pada penggaraman 10%, dan $8,54 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ untuk penggaraman biasa 35%. Berdasarkan literatur, Sankat dan Mujaffar (2006) memperoleh nilai D_{air} dalam rentang $0,73 \times 10^{-5}$ – $2,35 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ pada dehidrasi osmosis filet hiu pada 20-50°C, sedangkan Medina (2002) memperoleh nilai D_{air} sebesar $0,91 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ untuk 35,14g NaCl/100g air dan $0,22 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ untuk 100g sukrosa/100g air pada dehidrasi osmosis ikan nila. Jason (1958) mengatakan bahwa koefisien difusi untuk berbagai jenis ikan berada dalam rentang $1,9 \times 10^{-6}$ - $3,5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ pada temperatur 30°C. Perbedaan nilai yang didapatkan, yaitu menyerupai dehidrasi osmosis filet hiu dan lebih besar dari dehidrasi osmosis nila, dapat terjadi karena perbedaan spesies ikan, beda temperatur, struktur otot pada masing-masing ikan, dan keberadaan kulit. Hal ini dijelaskan dengan adanya kulit dan lapisan lemak pada ikan nila, yang menghambat proses difusi solut.

Pada penggaraman biasa diperoleh nilai D yang berbeda jauh dengan literatur, terutama pada penggaraman 10%. Hal ini dapat disebabkan oleh penurunan kadar air yang relatif tidak

konstan, sehingga terdapat perbedaan yang cukup besar antara hasil eksperimen dan model yang digunakan. Kesesuaian data dan model yang digunakan dapat dilihat dari plot X (fraksi massa air atau garam) terhadap t(s). Contoh plot data yang sesuai model dan yang tidak sesuai model dapat dilihat pada Gambar 5.10



Gambar 5.10 Contoh Plot Data X_{air} vs t yang Menyerupai Model (a) dan Tidak (b)

Untuk nilai koefisien difusivitas garam (D_{NaCl}) diperoleh berada dalam rentang $1,25 \times 10^{-4}$ - $2,93 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ untuk dehidrasi osmosis teri, dan $1,07 - 3,32 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ untuk penggaraman biasa. Hasil yang diperoleh tidak berbeda jauh dengan yang diperoleh oleh Sankat dan Mujaffar (2006) pada dehidrasi osmosis filet hiu yaitu sebesar $1,5 \times 10^{-5}$ - $2,51 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$. Difusi solut ke dalam ikan bergantung pada kandungan lemak berbagai jenis ikan, karena struktur lemak akan menghambat difusi solut ke dalam ikan. Sedikit perbedaan ini dapat disebabkan oleh adanya kandungan lemak pada ikan teri yaitu sebesar 1,24 (dapat dilihat pada bab tinjauan pustaka), sedangkan pada filet hiu tidak didapati kulit sehingga lapisan lemak dapat dihindari.

5.5 Uji Kualitas Produk

5.5.1. Tekstur

Pada penelitian ini dianalisis kekerasan (*hardness*) dan kekenyalan (*springiness*) ikan teri yang telah melewati proses perendaman dan pengeringan dengan *tray dryer* menggunakan temperatur 55°C , serta dibandingkan dengan teri segar dan ikan teri kering yang dijual di

pasaran. Sebelum dianalisis teksturnya, ikan teri dibentuk menjadi blok dengan ukuran 15 x 7 x 1,1 mm. Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 5.3.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dilihat bahwa kekerasan setelah ikan mengalami proses pengeringan menjadi lebih tinggi daripada ikan teri segar, sedangkan kekenyalan berkurang saat ikan telah mengalami proses dehidrasi osmosis dan proses pengeringan. Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukakan oleh Rahman (2007) yaitu otot dan sel ikan akan mengkerut akibat keluarnya air dari ikan setelah proses dehidrasi osmosis. Keluarnya air karena garam bersifat osmotik mengakibatkan tekstur ikan menjadi keras dan tidak kenyal lagi.

Tabel 5.3 Kekerasan dan Kekenyalan Produk Ikan

No.	Larutan	Hardness (g)	Springiness (mm)
1	NaCl belum jenuh, Temperatur = 40°C	85,00	1,61
2	NaCl jenuh, Temperatur = 40°C	304,00	0,97
3	NaCl lewat jenuh, Temperatur = 40°C	169,50	0,80
4	NaCl belum jenuh, Temperatur ruang	260,00	1,61
5	NaCl jenuh, Temperatur ruang	190,25	1,61
6	NaCl lewat jenuh, Temperatur ruang	368,50	1,39
7	Penggaraman 10%	335,00	1,00
8	Penggaraman 35%	154,00	1,42
9	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur = 40°C	192,00	0,81
10	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur ruang	181,50	0,92
11	ikan segar	10,50	2,35
12	ikan pasar 1	29,61	2,01
13	ikan pasar 2	36,00	1,41

Tidak diperoleh kecenderungan yang jelas antara pengaruh temperatur proses dehidrasi osmosis dan konsentrasi larutan osmosis yang digunakan. Hal ini dapat disebabkan karena kerusakan tekstur ikan akibat tingginya temperatur proses dehidrasi osmosis dan konsentrasi garam yang tinggi. Ikan yang mengalami proses dehidrasi osmosis pada konsentrasi garam tinggi terlihat lebih pucat, tertutup garam, memiliki retakan-retakan, serta lebih rapuh (perbandingannya dapat dilihat pada Gambar 5.11).



(a)



(b)

Gambar 5.11 Perbedaan Produk Ikan yang Direndam pada Konsentrasi Garam Tinggi dan Temperatur Tinggi (a) dengan Konsentrasi Garam Rendah dan Temperatur rendah (b)

5.5.2 Uji Rasa dan Kesukaan

Uji rasa dan kesukaan dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh konsentrasi larutan, jenis larutan dan temperatur proses dehidrasi osmosis terhadap rasa ikan dan kesukaan konsumen pada produk ikan yang digoreng. Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Hasil Uji Rasa dan Kesukaan terhadap Produk Ikan Asin

No.	Larutan Osmosis	Uji Rasa			Uji Kesukaan		
		kurang asin	cukup	terlalu asin	agak suka	suka	tidak suka
1	NaCl belum jenuh, Temperatur = 40°C	5	14	1	3	14	3
2	NaCl jenuh, Temperatur = 40°C	0	13	7	2	15	3
3	NaCl lewat jenuh, Temperatur = 40°C	0	9	11	7	9	4
4	NaCl belum jenuh, Temperatur ruang	4	16	0	5	14	1
5	NaCl jenuh, Temperatur ruang	0	15	5	4	14	2
6	NaCl lewat jenuh, Temperatur ruang	0	13	7	5	12	3
7	Penggaraman 10%	2	17	1	3	17	0
8	Penggaraman 35%	0	6	14	5	4	11
9	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur = 40°C	6	14	0	7	6	7
10	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur ruang	8	12	0	7	7	6

Berdasarkan hasil uji rasa dari 20 orang responden, diperoleh kecenderungan perendaman dalam larutan NaCl belum jenuh (15%) menghasilkan rasa asin yang dinilai kurang asin - cukup, NaCl jenuh menghasilkan rasa asin yang cukup - terlalu asin, NaCl lewat jenuh cukup banyak yang menilai terlalu asin, dan larutan Turner menghasilkan rasa yang kurang asin - cukup. Pada penggaraman biasa 10%, rasa asin dinilai cukup, sedangkan pada penggaraman 35% rasa menjadi terlalu asin. Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi larutan yang digunakan mempengaruhi rasa pada ikan, serta larutan Turner dapat menghambat difusi NaCl ke dalam ikan (Medina, 2002)

Uji kesukaan cukup berkaitan dengan rasa pada ikan. Berdasarkan hasil uji kesukaan, maka diperoleh bahwa penggaraman 10% paling banyak disukai, selanjutnya NaCl jenuh 40°C, dan pada urutan ketiga adalah NaCl belum jenuh (15%, T= 40°C), NaCl jenuh T ruang, dan NaCl belum jenuh (15%, T ruang). Penggaraman 10% banyak disukai karena rasa asin dinilai cukup dan ikan tidak rapuh, begitu pula pada NaCl jenuh serta NaCl belum jenuh T= 40°C dan T ruang, rasa asin relatif sesuai dengan selera konsumen. Penggaraman 35% banyak tidak disukai responden karena rasa terlalu asin, ini menunjukkan bahwa penggaraman biasa 35% menghasilkan rasa yang lebih asin daripada larutan NaCl lewat jenuh. Pada penggunaan larutan Turner, walaupun dapat menurunkan kadar air dengan baik, namun hampir 1/3 responden tidak menyukai rasanya yang dinilai tidak lazim.

5.6 Kesesuaian dengan SNI

Kualitas ikan teri setelah proses pengeringan dengan *tray drier* dibandingkan dengan persyaratan SNI ikan asin kering. Persyaratan tersebut mencakup kadar air, kadar garam, dan kadar abu tak larut dalam asam. Tabel persyaratan SNI dapat dilihat pada tinjauan pustaka.

5.6.1 Kadar Air

Kadar air yang diijinkan dalam SNI adalah maksimum 40%. Seperti yang telah dijelaskan pada tinjauan pustaka, dehidrasi osmosis merupakan pretreatment sebelum pengeringan lebih lanjut dengan tujuan meningkatkan karakteristik nutrisi dan organoleptik produknya sehingga perlu dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan *tray drier*. Kadar air masing-masing produk setelah pengeringan dengan *tray dryer* disajikan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Kadar Air Produk Ikan setelah Pengeringan

No.	Larutan Osmosis	Kadar air (%)
1	NaCl belum jenuh, Temperatur = 40°C	2,581
2	NaCl jenuh, Temperatur = 40°C	2,703
3	NaCl lewat jenuh, Temperatur = 40°C	1,961
4	NaCl belum jenuh, Temperatur ruang	2,721
5	NaCl jenuh, Temperatur ruang	3,012
6	NaCl lewat jenuh, Temperatur ruang	3,185
7	Penggaraman 10%	2,459
8	Penggaraman 35%	3,472
9	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur = 40°C	2,632
10	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur ruang	2,685

Berdasarkan tabel diatas, semua produk memenuhi persyaratan SNI untuk mutu ikan asin kering. Tidak diperoleh kecenderungan nilai kadar air, kemungkinan karena adanya pengaruh beberapa faktor seperti tingkat peletakan *tray* dalam *tray dryer*. Ikan teri yang dijual di pasaran memiliki kadar air 54,39% untuk teri asin dan 23,85% untuk teri tawar. Teri asin yang dijual di pasaran, khususnya pasar lokal ternyata tidak memenuhi standar SNI, sehingga sering terlihat adanya jamur maupun telah terkontaminasi bakteri.

5.6.2 Kadar Garam

Kadar garam akhir setelah pengeringan dengan *tray dryer* disajikan dalam Tabel 5.6

Tabel 5.6 Kadar Garam Produk Akhir setelah Pengeringan

No.	Larutan Osmosis	Kadar garam (%)
1	NaCl blm jenuh, T= 40°C	18,731
2	NaCl jenuh, T= 40°C	26,089
3	NaCl lwt jenuh, T= 40°C	28,554
4	NaCl blm jenuh, T ruang	15,203
5	NaCl jenuh, T ruang	22,848
6	NaCl lwt jenuh, T ruang	26,186
7	Penggaraman 10%	16,926
8	Penggaraman 35%	24,350
9	NaCl jenuh + 30 g sukrosa, T= 40°C	16,079
10	NaCl jenuh + 30 g sukrosa, T ruang	14,360

Kadar garam yang memenuhi standar SNI (maksimal 20%) antara lain NaCl belum jenuh, T= 40°C; NaCl belum jenuh, T ruang; penggaraman 10%; NaCl jenuh + 30 g sukrosa, T= 40°C; dan NaCl jenuh + 30 g sukrosa, T ruang. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi NaCl jenuh dan lewat jenuh terlalu pekat untuk ikan teri, sehingga kadar garamnya melebihi syarat SNI. Sedangkan, kadar garam ikan asin yang dijual di pasaran sebesar 22,057% untuk teri asin dan 14,732% untuk teri tawar.

5.6.3 Kadar Abu Tak Larut dalam Asam

Kadar abu tak larut dalam asam (kadar abu tlda) menunjukkan jumlah mineral dan logam yang terdapat dalam ikan. Menurut SNI, kadar abu tak larut dalam asam yang diijinkan sebesar 1,5%. Kadar abu tak larut dalam asam disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Kadar Abu Tak Larut dalam Asam Produk setelah Pengeringan

No.	Larutan Osmosis	kadar abu tlda (%)
1	NaCl belum jenuh, Temperatur = 40°C	0,812
2	NaCl jenuh, Temperatur = 40°C	0,228
3	NaCl lewat jenuh, Temperatur = 40°C	0,975
4	NaCl belum jenuh, Temperatur ruang	0,836
5	NaCl jenuh, Temperatur ruang	0,840
6	NaCl lewat jenuh, Temperatur ruang	0,901
7	Penggaraman 10%	0,616
8	Penggaraman 35%	0,716
9	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur = 40°C	0,935
10	NaCl jenuh + 30 g, Temperatur ruang	0,688

Pada ikan segar, sebelumnya telah dilakukan analisis kadar abu tak larut dalam asam awal, diperoleh hasil rata-rata sebesar 0,786%. Sedangkan, untuk ikan asin yang dijual dipasaran diperoleh kadar abu tak larut dalam asam sebesar 1,090% untuk teri asin dan 0,977% untuk teri tawar. Bila dibandingkan dengan kadar abu tak larut dalam asam dari hasil run, tidak ada kecenderungan yang jelas. Hal ini kemungkinan karena kandungan mineral dan logam pada ikan tidak hanya berasal dari proses dehidrasi osmosis yang dilakukan, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi bahan baku ikan segar.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat disusun setelah melakukan penelitian mengenai dehidrasi osmosis pada ikan teri ini, antara lain:

1. Semakin tinggi temperatur dan konsentrasi awal NaCl, semakin besar pengeluaran air dan difusi garam, dan efek temperatur menghilang pada konsentrasi NaCl yang sangat tinggi (50%)
2. Penggunaan larutan Turner (NaCl + sukrosa 30 gram) meningkatkan pengeluaran air, namun menghambat difusi garam.
3. Penggaraman biasa (tradisional) menghasilkan kadar garam yang lebih tinggi dan membutuhkan waktu pengeluaran air lebih lama dibandingkan dengan proses dehidrasi osmosis.
4. Nilai koefisien difusivitas air (D_{air}) dan garam (D_{NaCl}) pada teri hampir sama dengan nilai yang didapat pada dehidrasi osmosis filet hiu.
5. Kekerasan (*hardness*) meningkat dan kekenyalan (*springiness*) berkurang pada ikan yang mengalami proses dehidrasi osmosis dan pengeringan, bila dibandingkan dengan ikan segar.
6. Pada uji rasa dan kesukaan, penggaraman biasa 35% paling asin dan tidak disukai, dan dengan larutan Turner (NaCl + sukrosa) dinilai kurang asin dan kurang disukai, sedangkan penggaraman 10% dan larutan NaCl jenuh relatif cukup rasa asinnya dan disukai.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu dipelajari kadar gula dan kinetika difusi sukrosa dalam larutan Turner.
2. Perlu dipelajari pengaruh dehidrasi osmosis terhadap kadar protein dalam ikan asin.

DAFTAR PUSTAKA

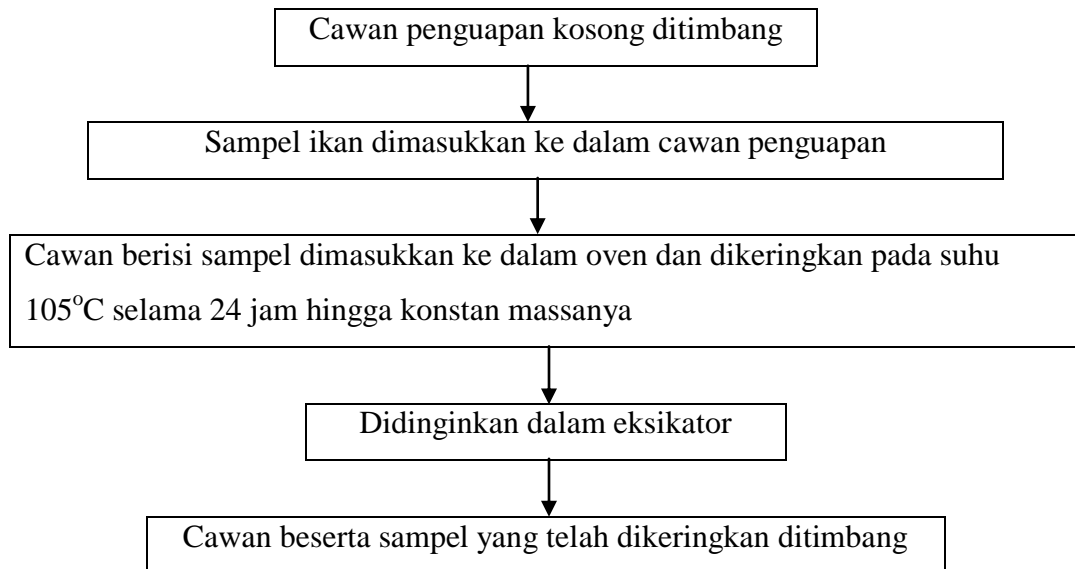
- BBP4B-KP 2010. Data Nilai Gizi Ikan. Balai Besar Riset pengolahan Produk dan Bioteknologi. Badan Litbang KP-KKP.
- Behsnilian, D. and W.E.L. Spiess. 2006. *Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetable*. IUFOST
- Colligan, A.L., Raoult-Wack, and Lebensm, Wiss.1994. Technol 27, 1994: p. 259-264.
- Corzo, O., Bracho, N. 2005. *Osmotic dehydration kinetics of sardine sheets using Zugarramurdi and Lupin model*. Journal of Food Engineering, 66, 51 - 56.
- Jason, A.C. 1958. *a Study of Evaporation and Diffusion Processes in the drying of fish muscle in fundamental aspect of the dehydration of foodstuff*, p. 103-135.
- Margono, T., Suryati, D., Hartinah, S. 1993. Buku Panduan Teknologi Pangan, PDII-LIPI.
- Medina-Vivanco, M., Sobral, P.J.do A., Hubinger, M.D. 2002. *Osmotic dehydration of tilapia fillets in limited volume of ternary solutions*. Chemical Engineering, 86, 199 - 205.
- Murray, J., Burt, J.R. 2001. *The composition of fish*. FAO Corporate Document Repository.
- N.A. 2006. Ikan asin. Tekno Pangan & Agroindustri, 1, 111 -115.
- Nguyen, M., Arason, S., Thorarinsdottir, K.A., Thorkelsson, G., Gudmundsdóttir, A. 2012. *Influence of salt concentration on the salting kinetics of cod loin (Gadus morhua) during brine salting*. Journal of Food Engineering, 100, 225 - 231.
- Oladele, A. K., Odedeji, J.O. 2008. *Osmotic dehydration of catfish (Hemisyndontis membranaceus): Effect of temperature and time*. Pakistan Journal of Nutrition, 7, 57 - 61.
- Opara, L. U., Al-Jufaili, S.M., Rahman, M.S. 2007. *Postharvest handling and preservation of fresh fish and seafood*. In: Rahman, M. S. (ed.) Handbook of Food Preservation, 2nd ed.: CRC Press.
- Rahman, M. S. 2007a. *Food preservation: Overview*. In: Rahman, M. S. (ed.) Handbook of Food Preservation, 2nd ed.: CRC Press.
- Rahman, M. S. 2007b. *Osmotic Dehydration of Foods*. In: Rahman, M. S. (ed.) Handbook of Food Preservation, 2nd ed. 2nd ed.: CRC Press.
- Raoult-Wack. 1994. *Trends Food Sci*. Technol 5, p. 255-260.

- Ribeiro, S. C. A., Tobinaga, S. 2004. *Osmotic dehydration of Mapará catfish (Hypophthalmus edentatus) fillets: Effect of ternary solutions*. Revista Brasileira de Produtos agroindustriais, campina grande, 6, 115 - 122.
- Sankat, C. K., Mujaffar, S. 2006. *Modelling the drying behaviour of salted catfish fillets. 15th International Drying Symposium*. Budapest, Hungary.
- Shewan, J. M. 1970. *The microbiology of fish and fishery products - a progress report*. Journal of Applied Bacteriology, 34, 299 - 315.
- Singh, B., Panesar, P.S., Nanda, V. 2008. *Osmotic dehydration kinetics of carrot cubes in sodium chloride solution*. International Journal of Food science & Technology, 43, 1361 - 1370.
- Spiess, W., Behsnlian, D. 2006. *Osmotic dehydration of fruits and vegetables*. 13th World Congress of Food science & Technology, IUFoST, 1857 - 1869.
- Telis, V.R.N., R.C.B.D.L. Murari, and F. Yamashita. 2004. *Diffusion Coefficient during Osmotic dehydration of Tomatoes in Ternary Solution*. Journal of Food Engineering, p. 253-259.
- Tragistina, V. N. 2011. KKP memprediksi ekspor ikan asin tahun ini turun 13,04%. *Koran Kontan (online)*.
- Wirawan, S.K., 2006. Studi Transfer Massa pada proses Dehidrasi Osmosis Kentang (*Solanum tuberosum L.*). Forum Teknik, p. 30.
- Wooton, M. 1978. *Technology of Fishery Products*. In: Buckle, K. A., Edwards, R.A., Fleet, G.H., Wootton, M. (ed.) Food Science. Brisbane: Watson ferguson & Co.
- Yu, S. Y. 1994. *Salted Dried Fish in Southeast Asia. Fish Drying in Indonesia*. Australia: ACIAR

LAMPIRAN A

PROSEDUR ANALISIS

A.1 Analisis Kadar Air



Gambar A.1 Diagram analisis kadar air

Rumus untuk menghitung kadar air adalah sebagai berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w} \times 100 \%$$

Dengan w = berat cawan kosong (g)

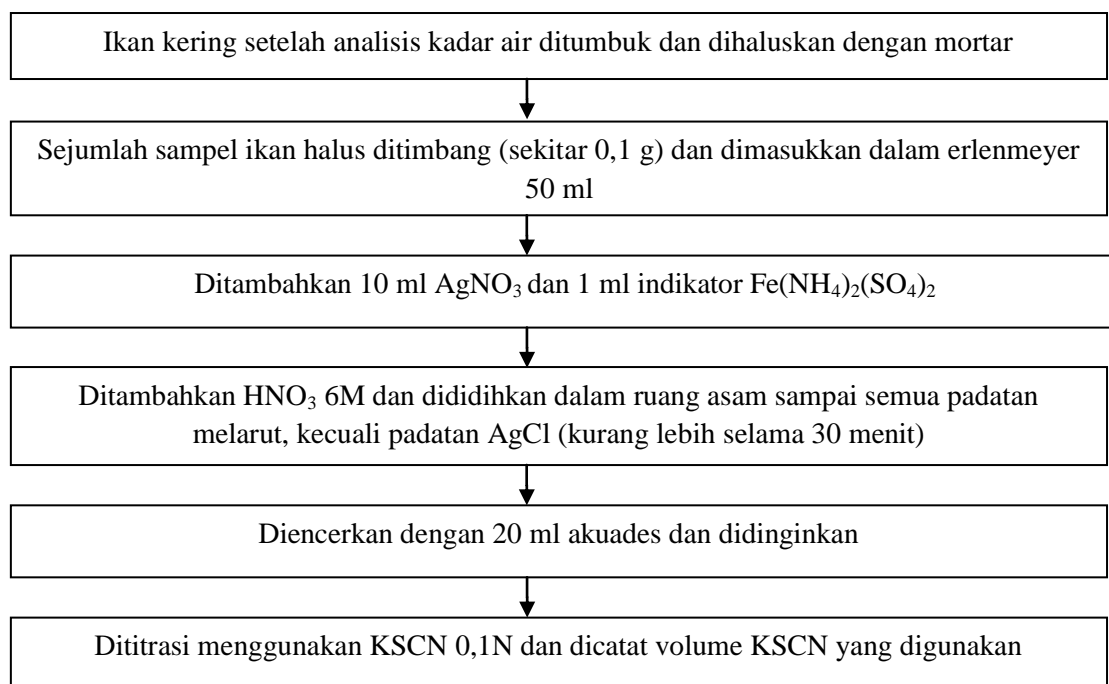
w_1 = berat cawan + sampel sebelum dikeringkan (g)

w_2 = berat cawan + sampel setelah dikeringkan (g)

A.2 Analisis Kadar Garam

Kadar garam dihitung menggunakan rumus:

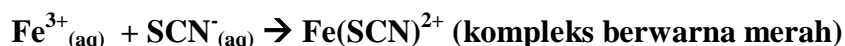
$$\begin{aligned} & \text{kadar garam} \\ &= \frac{[(\text{vol AgNO}_3 \times N \text{ AgNO}_3) - (\text{vol KSCN} \times N \text{ KSCN})] \times BE \text{ NaCl}}{m \text{ sampel } w_b \times 1000} \times 100\% \end{aligned}$$



Gambar A.2 Diagram analisis kadar garam metode volhard

Titrasi Volhard

Titrasi volhard merupakan salah satu jenis titrasi argentometri yaitu titrasi yang memanfaatkan AgNO_3 untuk menetapkan kadar ion halogen. Pada analisis kadar garam ini ditentukan kadar NaCl menggunakan larutan standar perak nitrat (AgNO_3) berlebih. Prinsipnya adalah menitrasi balik kelebihan Ag^+ . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pada titrasi volhard, larutan analit harus dijaga dalam kondisi asam sehingga digunakan asam nitrat (HNO_3 6M). Hal ini karena dapat terbentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ jika larutan bersifat basa dan dapat mengacaukan titik akhir titrasi. Pada saat sampel ditambah AgNO_3 , terbentuk endapan putih AgCl (Gambar A. 3a), kemudian ditambahkan indikator Fe^{3+} dan HNO_3 6M dan dipanaskan dalam ruang asam (Gambar A.3b). Setelah dencerkan dan didinginkan (Gambar A.3c), sampel dititrasi menggunakan KSCN 0,1N. Awal titrasi terbentuk warna putih susu (AgSCN). Setelah Ag^+ habis

bereaksi ion, yaitu pada akhir titrasi, ion Fe^{3+} akan bereaksi dengan ion tiosianat membentuk kompleks yang berwarna merah kecoklatan (Gambar A.3d).



(a)

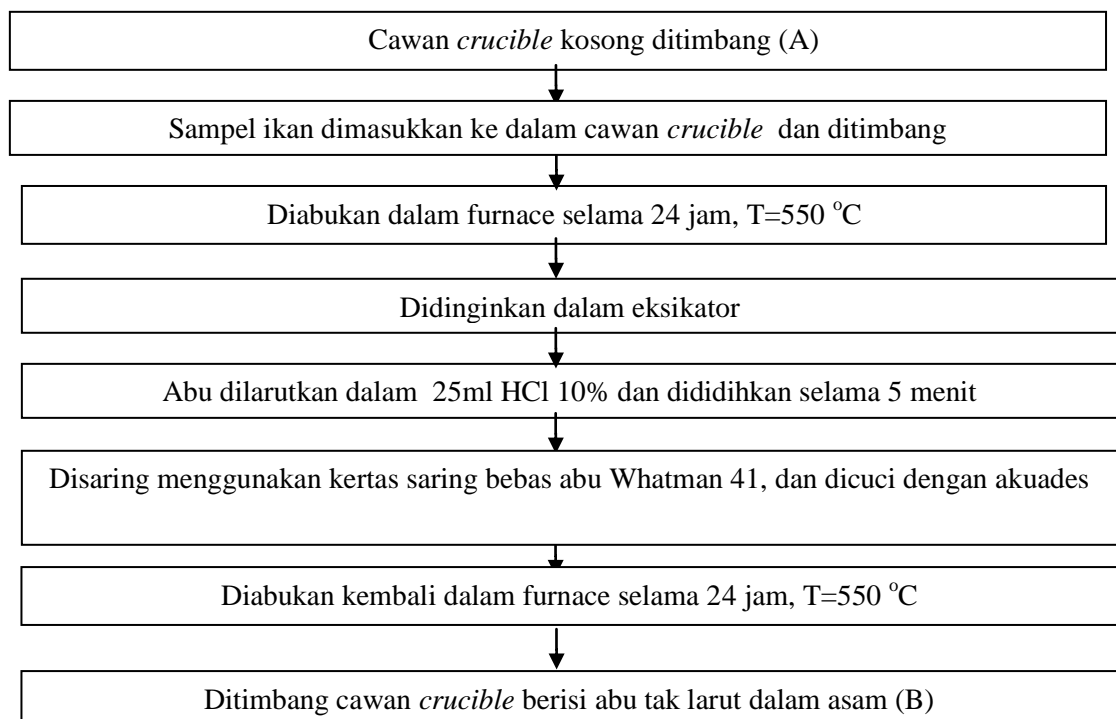
(b)

(c)

(d)

Gambar A.3 Analisis kadar garam metode volhard

A.3 Analisis Kadar Abu tak Larut dalam Asam



Gambar A.4 Diagram analisis kadar abu tak larut dalam asam

Kadar abu tak larut dalam asam dihitung menggunakan rumus:

$$\text{kadar abu tak larut dalam asam (tlda)} = \frac{B - A}{m \text{ sampel}} \times 100\%$$

LAMPIRAN B

CONTOH PERHITUNGAN

B.1 Perhitungan Kadar Air dan X air

RUN 1 $t = 0,25$ jam

$$kadar\ air = \frac{m\ air}{m\ sampel} = \frac{(m\ ikan + alufo) - (m\ ikan\ kering + alufo)}{(m\ ikan + alufo) - (m\ alufo)} \times 100\%$$

$$kadar\ air = \frac{(3,54\ g) - (1,05\ g)}{(3,54\ g) - (0,14\ g)} \times 100\% = 73.24\%$$

$$X\ air = \frac{m\ air}{m\ ikan - m\ air - m\ garam}$$

$$= \frac{2,49\ g}{[(3,54\ g) - (0,14\ g)] - 2,49\ g - 0,3621\ g}$$

$$= 4,544$$

B.2 Perhitungan Kadar Garam dan X garam

RUN 1 $t = 0,25$ jam

$$vol\ KSCN = vol\ rata - rata\ KSCN = 6,95\ ml$$

$$m\ sampel\ wb = m\ sampel\ kering + kadar\ air\ X\ m\ sampel\ kering$$

$$m\ sampel\ wb = 0,0966\ g + \left(\frac{73,24}{100}\right) \times 0,0966 = 0,1673\ g$$

$$kadar\ garam = \frac{[(vol\ AgNO_3 \times N\ AgNO_3) - (vol\ KSCN \times N\ KSCN)] \times BE\ NaCl}{m\ sampel\ wb \times 1000} \times 100\%$$

$$kadar\ garam = \frac{[(10\ ml \times 0,1\ N) - (9,55\ ml \times 0,1\ N)] \times 58,44}{0,1673\ g \times 1000} \times 100\%$$

$$kadar\ garam = 10,65\ \%$$

$$X_{garam} = \frac{m\ garam}{m\ ikan - m\ air - m\ garam} = \frac{kadar\ garam\ X\ m\ sampel\ ikan}{m\ ikan - m\ air - m\ garam}$$

$$= \frac{0,362 \text{ g}}{[(3,54 \text{ g}) - (0,14 \text{ g})] - 2,49 \text{ g} - 0,3621 \text{ g}} = 0,661$$

B.3 Perhitungan Koefisien Difusivitas

Perhitungan koefisien difusivitas menggunakan program MATLAB 7.1. Lampiran file dapat dilihat pada Lampiran C.

B.4 Perhitungan Kadar Abu Tak Larut dalam Asam

$$\text{kadar abu tak larut dalam asam (tlda)} = \frac{m \text{ abu tlda} - m \text{ cawan}}{m \text{ sampel}} \times 100\%$$

$$\text{kadar abu tak larut dlm asam (tlda)} = \frac{(m \text{ cawan} + \text{abu tlda}) - (m \text{ cawan})}{(m \text{ cawan} + m \text{ ikan}) - (m \text{ cawan})} \times 100\%$$

$$\text{kadar abu tak larut dlm asam (tlda)} = \frac{(20,7313 \text{ g}) - (20,71 \text{ g})}{(21,299) - (20,71)} \times 100\%$$

$$\text{kadar abu tak larut dlm asam (tlda)} = 0,228 \%$$

LAMPIRAN C

SCRIPT MATLAB

C.1 M-FILE 1

```
clear all
Do=0;
Dmod=fminsearch('run1w',Do);

Xeq=2.611997272;
X0=4.467747506;
L=0.7;

dataX=[4.467747506
4.544949562
4.258253385
3.592431257
3.053652021
2.787402061
2.72499458
2.786101512
2.786643201
2.740186365
2.686407077
2.673718857
2.611997272

];

datat=[0
900
1800
2700
3600
5400
7200
9000
10800
14400
18000
21600
75600
];

for i=1:length(datat)
    suku=0;
    for n=0:5
        suku=suku+1/(2*n+1)^2*exp(-Dmod*(2*n+1)^2*pi^2*datat(i)/L^2);
    end
    Xhit(i)=Xeq+(X0-Xeq)*8/pi^2*suku;
end

plot(datat,dataX,'o',datat,Xhit,'-')
```

C.2 M-FILE 2

```
function err=run1w(Do)

Xeq=2.611997272;
X0=4.467747506;
L=0.7;

dataX=[4.467747506
4.544949562
4.258253385
3.592431257
3.053652021
2.787402061
2.72499458
2.786101512
2.786643201
2.740186365
2.686407077
2.673718857
2.611997272

];

datat=[0
900
1800
2700
3600
5400
7200
9000
10800
14400
18000
21600
75600
];

for i=1:length(datat)
    suku=0;
    for n=0:5
        suku=suku+1/(2*n+1)^2*exp(-Do*(2*n+1)^2*pi^2*datat(i)/L^2);
    end
    Xhit(i)=Xeq+(X0-Xeq)*8/pi^2*suku;
end

err=sum((dataX-Xhit').^2)
```